

Grado Universitario en Ingeniería Telemática
2017-2018

Trabajo Fin de Grado

“Desarrollo de un Chatbot con Dialogflow en el Marco de las Ciudades Inteligentes”

Sergio Francisco Iáñez González

Tutor

David Griol Barres

2018

RESUMEN

Con el desarrollo de este trabajo se ha pretendido presentar el concepto de Ciudades Inteligentes, o Smart Cities, y ahondar en el por qué de su investigación y en el grado de implantación y desarrollo actual a través del estudio de proyectos englobados en el programa marco europeo Horizonte 2020 (H2020).

A partir de los proyectos presentados, su estado presente y su posterior evolución, así como, por medio de la evaluación de futuras oportunidades, se presenta el uso de interfaces conversacionales como interlocutor natural necesario en la comunicación entre la población y su entorno. Un entorno cada vez más tecnológico y más heterogéneo en cuanto a variedad de los dispositivos inteligentes, que será necesario preparar para la interacción con la mayor proporción de la población posible.

Mediante el estudio y análisis de la documentación relativa a los principales proyectos desarrollados en el programa marco europeo H2020, se extrae una perspectiva global de la idoneidad actual de estas investigaciones y de la situación de las denominadas ciudades inteligentes.

Utilizando como herramienta de desarrollo de interfaces conversacionales, aquella proporcionada por Google, Dialogflow, se demuestra como es posible aplicar esta tecnología en el ámbito de las ciudades a todo tipo de servicios. Así mismo, se demuestra con su aplicación que las calidades de servicio y la accesibilidad de los mismos se incrementa de manera sustancial. Resulta su aplicación también idónea si se focaliza su empleo en democratizar el acceso a los servicios, acercándolos a personas con capacidades limitadas o que no puedan enfrentarse a la curva de aprendizaje necesaria para interactuar con el entorno por otros medios.

Este trabajo ha demostrado que la investigación en este campo, el de las ciudades inteligentes, no es una cuestión futura sino muy presente, que responde a una necesidad sustentada en datos. Estos datos arrojan información clara sobre previsiones de

incremento en la población de las ciudades, la escasez de fuentes de energía, o la incapacidad de prestar servicios de calidad si no se acometen medidas.

De igual modo, este trabajo también ha presentado una herramienta en continua evolución, las interfaces conversacionales, que puede servir de enlace entre un entorno cambiante, cada vez más tecnológico, y la población que lo habita. En un escenario en el que se pretende que todo tenga capacidad para pensar y para relacionarse, la internet de las cosas, poder interactuar con estos elementos sin necesidad de conocer en profundidad su modo de operar resultará altamente valioso. Esto es lo que puede esperarse de esta herramienta.

Palabras clave: Recursos, Sostenibilidad, Interfaces conversacionales, Ciudades Inteligentes, Internet de las Cosas

AGRADECIMIENTOS

A pesar de que plasmar el agradecimiento hacia el tutor que te sirve de guía en la realización un trabajo fin de grado pueda parecer una mera formalidad, o incluso una convención aceptada y de obligado cumplimiento, en este caso este agradecimiento hacia mi tutor, David Griol Barres, es totalmente sincero y mucho más que merecido. Queda fuera de toda duda reconocer que, sin su ayuda, conocimiento y orientación, no podría haber conseguido finalizar este trabajo.

No quisiera olvidarme también de todas aquellas personas que me han acompañado durante este tiempo, empezando por mi familia, pasando por mis amigos y compañeros y continuando por todos aquellos que ante los imprevistos optaron por arrimar su hombro en busca de que pudiera dar lo mejor de mí.

Gracias a todos los mencionados, y a los olvidados, por todo ese calor dado de forma desinteresada.

Índice de Contenido

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN	12
1.1 Introducción	12
1.2 Servicios relacionados	14
1.3 Interfaces conversacionales	14
1.4 Entorno socioeconómico.....	16
1.5 Marco Legislativo	18
1.6 Planificación del Proyecto	20
CAPÍTULO 2: ESTADO DEL ARTE	21
2.1 Concepto de Ciudades Inteligentes o “SmartCities”	21
2.1.1 Características de una ciudad inteligente.....	22
2.1.2 Arquitectura de una ciudad inteligente.....	23
2.1.3 Servicios de las ciudades	26
2.2 Proyectos enmarcados en el programa europeo H2020.....	27
2.2.1 Proyectos en el área de Smart Cities & Communities.....	29
2.3 Interfaces conversacionales	32
2.3.1 Modelos de interacción con interfaces conversacionales	33
2.3.2 Evolución de las Interfaces Conversacionales.....	36
2.3.3 Elementos de una interfaz conversacional.....	39
CAPÍTULO 3: APLICACIÓN/PROPUESTA	42

3.1	Chatbots	42
3.2	Dialogflow	43
3.2.1	Agents.....	45
3.2.2	Intents o intenciones	46
3.2.3	Fullfilments & Webhooks	47
3.3	API REST	47
3.3.1	Datos Abiertos Ayuntamiento de Madrid.....	50
3.4	Aplicación.....	51
CAPÍTULO 4: GESTIÓN DEL PROYECTO		65
4.1	Planificación temporal	65
4.2	Presupuesto	69
4.2.1	Costes Directos	69
4.2.2	Costes Totales.....	72
CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO		74
5.1	Trabajo futuro	77
GLOSARIO		79
BIBLIOGRAFÍA		81
APÉNDICE A: ENGLISH SUMMARY		85
A.1.1	Introduction to the concept of Smart Cities	85
A.1.2	Introduction to the Conversational Interfaces	86

A.1.3. Socioeconomic environment.....	87
A.1.4. Introduction to the application	89
A.1.5. Conclusions.....	90

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

Este capítulo introductorio del trabajo se utiliza para realizar una presentación de los conceptos y objetivos principales del proyecto, de forma que se pueda contextualizar el momento elegido para su planteamiento y elaboración. Para ello, se hace un repaso por la evolución de las ciudades inteligentes, Smart Cities, desde su origen hace algunas décadas, se plantea la problemática inicial a partir de la que se va a desarrollar este trabajo, se introducen los instrumentos que se emplearán para abordarla, y se presenta cuál debe ser el resultado final.

Finalmente, se hace una exposición detallada sobre la estructura que se sigue en esta memoria y el contenido que cabrá encontrar en cada una de sus secciones.

1.1 Introducción

Hace un par de décadas desde que el concepto de ciudades inteligentes o “Smart Cities” acaparó el foco de atención en la comunidad internacional debido al crecimiento vertiginoso de la población en las grandes ciudades. Este crecimiento supone un consumo de recursos naturales mucho mayor, un incremento de la magnitud de muchos problemas cotidianos de los ciudadanos como los relacionados con el tráfico, la gestión del transporte, el acceso a los servicios básicos, la sanidad, las infraestructuras, el gobierno... En definitiva, supone un problema que hay que encarar cuanto antes para anticiparse a un escenario que con total seguridad se producirá.

Según datos de las Naciones Unidas en su revisión de 2018, el 55% de la población mundial reside en áreas urbanas mientras que para 2050 se espera que ese porcentaje aumente hasta el 68% [1]. El caso resulta mucho más llamativo en el caso de África, donde el crecimiento de las ciudades se espera mucho mayor que en los países

desarrollados con la problemática que puede suponer por su difícil acceso a servicios e infraestructuras.

Centrando los datos anteriores en el ámbito de la Unión Europea, donde en la actualidad se cuenta con una población de en torno a 510M de habitantes [2], el porcentaje de población urbana se eleva considerablemente respecto al anterior, alcanzando concretamente un 75% [3]. Además, todas las previsiones indican que este porcentaje seguirá aumentando hasta superar más del 80% hacia el año 2050.

Para alcanzar un crecimiento urbano exitoso, resultará imprescindible gestionar dicho crecimiento de manera sostenible y lo más eficientemente posible en torno a tres piezas claves como son la economía, la sociedad y el medio ambiente. Si, además de buscar vías de sostenibilidad y eficiencia, se aprovechan los avances tecnológicos en torno a computación ubicua (UC), redes de sensores inalámbricos (WSN), y comunicación entre máquinas (M2M) para alcanzar ese objetivo y mejorar la calidad en la prestación de servicios, se puede decir que el resultado final estará muy cercano a lo que comúnmente se considera una ciudad inteligente.

El concepto de Smart City no está definido de manera unívoca y, aunque esto pueda parecer un tema menor, resulta de especial relevancia a la hora de determinar los avances recorridos en este campo, los grupos de trabajo formados en torno a él, las políticas a cumplir y desarrollar, etc. Es por ello que los grandes organismos de estandarización internacional han consultado a gran parte de los agentes implicados buscando homogeneizar el concepto. Sin embargo, sí es sencillo extraer de todas esas definiciones que una Smart City está ligada al crecimiento sostenible, en torno a un uso responsable y eficiente de todos los recursos puestos al alcance de sus ciudadanos, y proporcionados a través de servicios con altas QoS donde las tecnologías de la información y la comunicación juegan un papel crucial.

1.2 Servicios relacionados

Comprendiendo las ciudades inteligentes, como el modelo de ciudad del futuro, cabe destacar el papel que jugará en ellas la incorporación de las tecnologías de la información y la comunicación a la prestación de servicios y utilización responsable de los recursos.

Resulta de especial relevancia en estas ciudades proporcionar soluciones eficientes y sostenibles para los principales desafíos que pueden presentar un problema frente al incremento poblacional. Entre estas soluciones destacan la gestión de los recursos energéticos, la gestión de los residuos, el transporte y las infraestructuras, la sanidad, el gobierno y la administración, etc.

En un futuro no muy lejano, muchos de los servicios que se están desarrollando e implementando en estos proyectos de ciudades inteligentes, serán una realidad y estarán a disposición de cualquier ciudadano europeo.

Cada ciudad puede tener unas características y requisitos diferentes, pero hay algunas soluciones que podrían considerarse comunes a todas: transporte menos contaminante, transporte más eficiente, fuentes de energía alternativa combinadas con fuentes de energía clásicas que eviten la extinción de recursos, un mejor aprovechamiento de recursos hídricos, mejor y más eficiente atención sanitaria, mejora de la seguridad, etc.

1.3 Interfaces conversacionales

De forma un tanto tosca y simple, podríamos asimilar el concepto de “Interfaz Conversacional” a aquel sistema que permite a un usuario “conversar” de forma natural con su “asistente” con el fin de completar una tarea.

En la actualidad los asistentes personales se han ido incorporando en una gran variedad de dispositivos abanderados por los smartphones y smartwatches. Estos asistentes,

permiten al usuario completar acciones y obtener servicios sin la necesidad de conocer, al detalle, el conjunto de instrucciones que debería seguirse en caso de interactuar directamente con el dispositivo que proporciona el servicio o realiza la tarea. Así pues, los usuarios pueden utilizarlos para la gestión del calendario (crear, eliminar, chequear eventos en fechas concretas), para la gestión de la información (consultar previsión meteorológica en una ubicación concreta, buscar datos particulares en la web) o para la configuración de aplicaciones (establecimiento de alarmas, temporizadores).

Ahora bien, la forma que tiene un usuario de interactuar con estos asistentes viene determinada por los denominados interfaces conversacionales. Estos interfaces tratan de facilitar el uso, de los asistentes y dispositivos inteligentes, para los usuarios, reduciendo la curva de aprendizaje necesaria a través de la interpretación y comprensión del lenguaje natural utilizado en un diálogo.

En el escenario próximo, con el avance del IoT, donde se prevé un estallido de dispositivos inteligentes, heterogéneos, con capacidad de comunicación entre sí y con multitud de opciones de entrada y salida de datos, estas interfaces resultarán cruciales en el diseño y prestación de servicios. Dispositivos de tan reducido tamaño que no puedan albergar teclados o pantallas para introducir datos o proporcionar respuestas visuales elaboradas, podrán tener un micrófono a través del cual un usuario cualquiera pueda indicarle la tarea a completar. No sólo eso, sino que incluso en un escenario en el que no intervenga el usuario, estas interfaces pueden favorecer la comunicación máquina a máquina entre dispositivos heterogéneos.

Las posibilidades aumentan si se tiene en consideración que usuarios con capacidades limitadas o poco habituados al uso de tecnología, pueden encontrar en estas interfaces un puente hacia la obtención de diversos servicios y calidades de servicio.

Existen también usos terapéuticos en los que este tipo de interfaces pueden tener un papel destacado, desde el momento que permiten un diálogo natural con el usuario. Es el caso de los robots sociales que con su capacidad para reflejar emociones y las funciones de asistente personal avanzado, hacen de ellos una potencial herramienta para combatir la soledad de personas mayores y prestarles cierta compañía y cuidados.

1.4 Entorno socioeconómico

Este apartado trata sobre las posibilidades económicas y de uso que puede llegar a tener la aplicación del trabajo aquí desarrollado, haciendo un pequeño análisis del público que podría mostrar interés en él.

La aplicación del modelo de ciudad inteligente es una realidad que irá extendiéndose por todo el mundo según siga aumentando el crecimiento de la población en las ciudades, y según se vaya estandarizado un modelo de implantación y desarrollo para las mismas. Esto es así porque no hay otra forma de que las grandes ciudades puedan soportar el aumento de sus poblaciones que se avecina. La gestión de los recursos y la prestación de servicios se van a tener que apoyar en las ICT para garantizar ciertas calidades de servicio y, de igual modo, para tener esas disponibilidades, el entorno va a contar cada vez con un mayor número de dispositivos inteligentes siguiendo el modelo previsto por el IoT.

Si a lo anterior se le añade que las interfaces conversacionales pueden aplicarse a la gran mayoría de dispositivos inteligentes y aplicaciones digitales con las que el usuario necesita interactuar, parece obvio que el público objetivo de estas aplicaciones es prácticamente cualquier ciudadano con acceso a la tecnología.

Se han citado anteriormente los smartphones y smartwatches como algunos de los dispositivos más habituales donde se pueden encontrar asistentes virtuales pero las posibilidades futuras son prácticamente ilimitadas. Aplicaciones en auge que requieren la introducción de texto o mensajería como puedan ser Twitter, Whatsapp, Facebook Messenger, son candidatos idóneos en los que integrar estas interfaces pues facilitarían en gran medida la introducción de información y podrían utilizarse como medio de intercambio entre usuarios y servicios. Pero no sólo en este tipo de aplicaciones pueden encontrarse sino aquellas comerciales en las que a través de un asistente se guía al usuario hacia el producto o servicio que necesita, como es el caso de IKEA con el asistente de su web que hace las veces de un dependiente virtual con el que salir de dudas sobre cualquiera de sus servicios.

En la actualidad, de la mano de grandes compañías comerciales como Google o Amazon, están potenciándose, especialmente, los denominados altavoces inteligentes que cuentan con asistentes personales. Pues bien, estos altavoces consiguen interactuar con los usuarios y prestar multitud de servicios como pueda ser la petición de información o la manipulación de cualquier dispositivo o mecanismo del hogar, mediante estos interfaces. Situaciones proporcionadas por las centralitas domóticas que ya llevan muchos años entre nosotros, podrían ser controladas con una interfaz conversacional que actuase a través de estos altavoces, o la compra de productos o reserva de espectáculos. Google, de hecho, está trabajando en una nueva funcionalidad, (Duplex [11]), de su asistente que le permitirá realizar llamadas directamente a ciertos establecimientos y realizar reservas o compras en nombre del cliente, sin que el usuario participe directamente en esa operación.

Es por todo lo anterior que el público potencial que puede utilizar estas interfaces es prácticamente todo aquel que tenga cierto contacto con la tecnología. En un entorno como puede ser una ciudad inteligente, tan ligadas como parece que van a estar al Internet de las Cosas, todos los ciudadanos van a estar rodeados de multitud de dispositivos inteligentes sobre los que podrán operar. Las posibilidades son ilimitadas.

Toda aquella persona que tenga acceso a algún dispositivo electrónico con capacidad de computación y conexión, es un usuario potencial. Dispositivos de uso doméstico tan extendidos como las televisiones o los teléfonos móviles, presentes en casi todos los hogares urbanos, son potenciales receptores de esta tecnología y, por tanto, sus propietarios.

Pensando en un sentido más amplio, no sólo las personas con cierto contacto con la tecnología son posibles destinatarios de esta tecnología sino todas aquellas a las que superar la curva de aprendizaje de muchos dispositivos les hace ser reacias a su utilización. Con la implementación de esta tecnología y expansión de la misma, estas personas dejarán de experimentar cierto rechazo a la hora de enfrentarse con un servicio digital nuevo, o con un nuevo dispositivo inteligente, porque podrán conversar con ellos para obtener lo que desean. Además, esa conversación será a través de la utilización de un lenguaje natural, comprendido, si necesidad de conocer comandos específicos ni cadenas de instrucciones predefinidas.

Las aplicaciones que pueden tener este tipo de interfaces son de todo tipo porque lo que plantean es la posibilidad de facilitar el acceso a la tecnología de una forma más natural. Es por ello también que pueden tener aplicaciones terapéuticas, por ejemplo, con gente de avanzada edad que puedan interactuar de forma natural con cualquier tipo de asistente terapéutico, profesionales que busquen la forma de obtener recomendaciones o segundas opiniones, etc. Además de los avanzados robots sociales, que aúnan una interfaz conversacional avanzada con la posibilidad de mostrar visualmente emociones según interpreten o comprendan la intencionalidad del interlocutor.

Se ha hablado mucho de las personas, pero también las empresas pueden estar interesadas en este tipo de interfaces para el desarrollo de nuevos dispositivos. En el futuro de las ciudades inteligentes plagadas de sensores y dispositivos con capacidad de cálculo independiente, este tipo de interfaces pueden permitir una comunicación entre terminales en los que el ciudadano no intervenga o incluso según la frecuencia que utilicen, en los que el ciudadano no sea ni siquiera conocedor de esa comunicación. Esto puede ser muy útil cuando dos dispositivos de orígenes completamente diferentes, que no tengan ningún conocimiento el uno del otro, quieran intercambiar información de algún modo.

1.5 Marco Legislativo

En esta sección se realiza un análisis superficial de las condiciones de uso que podría tener este tipo de aplicación en base a la privacidad de los usuarios y al intercambio de información o paso de mensajes entre distintas plataformas.

En particular en esta aplicación se han aceptado las condiciones de uso de Google para una cuenta general pero sólo ha sido necesario en cuanto al perfil del desarrollador, por lo que un usuario externo no tendría por qué tener que aceptar ninguna política concreta de privacidad.

La interfaz desarrollada no hace una gestión específica de la información, ni la almacena más allá del tiempo necesario para conformar la petición o la respuesta por lo que en sí,

no tiene implicaciones en el ámbito de la protección de datos. Conforme se realizan las transacciones, desaparece todo rastro de la actividad del usuario.

Sin embargo, estas condiciones de uso sí serían un tema a analizar en cuanto a la plataforma o aplicación en la que se desee integrar la interfaz, pues en ese caso será necesario que el usuario tenga un perfil en la plataforma y ya se entrará en las condiciones particulares de cada una de ellas.

En el caso de este trabajo, este interfaz se ha integrado en la plataforma de Twitter y se ha tenido que aceptar el condicionado para obtener la prestación del servicio. Sin embargo, también se ha integrado en un sitio web cualquiera sobre el que no es necesario tener ningún tipo de registro y, por tanto, aceptar ningún tipo de cláusula de privacidad o protección de datos.

En la actualidad todos los condicionados de las distintas plataformas que tengan como usuario receptor un ciudadano europeo, deberán de cumplir el nuevo Reglamento General de Protección de Datos, (RGPD), independientemente del origen de la empresa. Lo cual ha sido promovido por la Unión Europea durante este mismo año como consecuencia de los numerosos casos de manipulación y mercadeo con la información privada de los usuarios. A partir de ahora cualquier empresa que quiera prestar servicio a un ciudadano europeo, deberá darle la posibilidad de seleccionar el uso que quiere permitir a la misma sobre su información personal.

Aunque esta interfaz no requiere de información personal para interactuar, ya hemos comentado que la plataforma que lo integre si que puede requerir la creación de un perfil al que podría vincular la información que se intercambie con el interfaz. Así mismo, esas mismas plataformas podrían almacenar información sobre las consultas ejecutadas y respuestas, siempre que lo indiquen en su condicionado.

La otra parte del sistema de la solución propuesta en este trabajo es el portal de datos del Ayuntamiento de Madrid, pero tal y como se indica en posteriores secciones, este portal es de acceso libre, gratuito y totalmente público, y, además, el acceso a la información se realiza a través de una API REST que no guarda estado ni información del usuario. Por lo tanto, esta parte tampoco plantea problemas relacionados con el marco legal aplicable.

1.6 Planificación del Proyecto

En esta sección de la memoria de este trabajo se presenta cómo ha sido la planificación inicial del mismo y los aspectos que se han cubierto en cada una de las etapas que se han abordado.

El trabajo actual pretende dar una visión global y objetiva sobre el concepto de Smart Cities en Europa, poniendo el foco en el programa marco Horizonte 2020 y presentando las interfaces conversacionales como medio útil y fiable para la evolución de la calidad en los servicios prestados en el entorno urbano.

La primera etapa de este trabajo consistirá en una revisión del estado actual mediante el estudio de documentación ligada a proyectos en el marco de investigación europeo H2020, estudios realizados, datos obtenidos y previsiones futuras. A partir de esta documentación se presentará de forma detallada el programa de Smart City, su justificación y su evolución hasta la situación actual.

La segunda etapa consistirá en un estudio y análisis de las denominadas interfaces conversacionales como medio para facilitar el acceso a los servicios ofertados con el auge de las Smart Cities. Por medio del análisis de distintas alternativas se decidirá el empleo de la herramienta Dialogflow para mostrar el potencial de esta tecnología.

La tercera etapa presentará los componentes empleados para poder demostrar de forma práctica cómo el uso de tecnologías conversacionales puede favorecer el despliegue e introducción de los diferentes servicios en las ciudades. Aprovechando fuentes de datos en abierto proporcionados por el Ayuntamiento de Madrid a través del portal “datosabiertos” [12], la herramienta de Google Dialogflow [13], la integración con diferentes plataformas y el desarrollo de distintas APIs, se desarrollará una aplicación que dé una muestra real del potencial de estas interfaces.

En la cuarta etapa se detallará cómo ha sido la gestión del trabajo, cómo se ha dividido en diferentes etapas y cuál ha sido la planificación temporal y el desglose del presupuesto que ha supuesto la realización de este trabajo.

CAPÍTULO 2: ESTADO DEL ARTE

En este capítulo del presente trabajo se va a realizar una exposición pormenorizada del contexto actual en el que las ciudades inteligentes se encuentran en el marco del principal programa de investigación y desarrollo de la Unión Europea, el denominado programa H2020.

Además, se detallará la evolución de las interfaces conversacionales y el por qué de la explosión en el desarrollo de esta tecnología experimentada en los últimos años.

2.1 Concepto de Ciudades Inteligentes o “SmartCities”

Basta echar un vistazo al documento de trabajo, Smart sustainable cities: An análisis of definitions, del grupo de Smart Sustainable Cities del ITU-T [15], y ver las más de 100 propuestas para la definición de lo que se considera y lo que no se considera una ciudad inteligente, para darse cuenta de que no existe una definición exacta para tal término. Este documento pretende separar conceptualmente las ciudades inteligentes de las ciudades sostenibles pues a pesar de que son términos que parecen ligados entre sí no son similares.

Se ha hablado en la introducción de este trabajo sobre la problemática que representa el rápido crecimiento de la población en los núcleos urbanos y de la necesidad de hacer un uso eficiente y responsable de los recursos, pero eso no determina únicamente una Smart City.

De la misma manera, la incorporación de las tecnologías de la información y la comunicación para la realización de diversas operaciones habituales en las ciudades de forma más eficiente tampoco determina que una ciudad sea considerada inteligente. Otros modelos de ciudades digitales o tele-ciudades han quedado atrás a pesar de incorporar estas tecnologías.

El concepto de Smart City está más relacionado con la interacción entre los distintos componentes que conforman una ciudad, para una mejor y más eficiente toma de decisiones y prestación de servicios, que asegure la disponibilidad de los recursos para la población presente y futura. En este contexto, se puede entender estas ciudades como una aplicación del Internet de las Cosas, (IoT), en el sentido de la importancia de la adquisición de datos heterogéneos de muy diverso origen, que son necesarios de alojar y mantener para permitir su análisis de cara a la prestación de un servicio de calidad o uso de un recurso.

2.1.1 Características de una ciudad inteligente

Resulta difícil definir las características específicas de una ciudad inteligente cuando no todas las ciudades tienen los mismos requisitos ni componentes. Sin embargo, en términos generales se puede decir que existen cuatro características fundamentales que debe cumplir toda ciudad inteligente:

- Sostenibilidad: este ha sido tradicionalmente el factor clave en la planificación de las grandes urbes debido al rol fundamental que juega en el crecimiento de las mismas. La capacidad para hacer un uso equilibrado de los recursos, reducir el consumo de fuentes de energía no renovables y salvaguardar los recursos naturales marca si se podrá soportar el crecimiento poblacional previsto.
- Calidad de servicio: esta característica era la que definía el objetivo último de las Smart Cities. Mejoras en la prestación de servicios a través de la introducción de avances en las ICT que reducen las barreras en el aprendizaje sobre cómo acceder a estos servicios y mejoran la participación haciéndolos más inclusivos y sociales.
- Urbanismo: esta característica está directamente relacionada con las infraestructuras de las ciudades y representa uno de los grandes desafíos de las mismas en cuanto a la gestión de los residuos, del tráfico, de la contaminación y de la escasez de recursos entre otros.

- Inteligencia: no hay un acuerdo sobre qué aspectos determinan la inteligencia de las ciudades, pero sí en que su resultado se plasma en una mejora de los niveles de vida en términos económicos, sociales y medioambientales.

2.1.2 Arquitectura de una ciudad inteligente

Como ya se ha mencionado anteriormente, a pesar de que se persigue conseguir una definición y una arquitectura universal que pueda ayudar a desplegar y medir con mayor agilidad una Smart City, esta definición aún no se ha alcanzado.

Sin embargo, tras analizar numerosas arquitecturas empleadas en ciudades reales, se puede asumir como común en la mayoría de trabajos, aquella que comprende cuatro niveles diferentes: la capa de monitorización o sensado, la capa de transmisión, la capa de gestión de datos y la capa de aplicación.

2.1.2.1 Capa de sensado

Partiendo de la idea de que una ciudad inteligente puede asimilarse a una aplicación del IoT, la multitud de dispositivos y componentes entrelazados generan una cantidad de datos ingente. Provenientes de innumerables fuentes, de diversos orígenes y totalmente heterogéneos en la forma, estos datos resultan del todo necesarios e imprescindibles para la toma de decisiones. Por esta razón la recolección de estos datos resulta una tarea crítica en la base de toda ciudad inteligente.

Habitualmente, esta capa de sensado estará compuesta por todos los dispositivos y sensores que permiten la captación y recolección de datos, utilizando entre ellos cualquier tipo de dispositivo inteligente, tal como, sensores Bluetooth o RFID, actuadores, cámaras, terminales GPS, etc.

Existe literatura al respecto de estas redes de sensores donde se afirma que la inteligencia de las ciudades se incrementa con el incremento de sus redes de sensado. Es decir, resulta más importante tener redes de sensores con gran cobertura, que sensores con mayores capacidades de sensado. No obstante, esta no es una relación directa y depende de numerosos factores como la transmisión confiable de los datos recolectados.

2.1.2.2 Capa de transmisión

Se podría considerar esta capa como la arteria principal de las ciudades inteligentes, puesto que comunica el origen de los datos con el centro de gestión de la ciudad. Así pues, esta capa tiene que ver con todas las tipologías de red, heterogéneas, que interactúan entre sí para poder trasladar esas cantidades ingentes de datos generadas a los centros de control.

Esta capa se puede dividir a su vez en dos subcapas atendiendo a parámetros de área de incidencia: la subcapa de acceso, que proporciona un rango de cobertura relativamente corto y en la que intervienen tecnologías como ZigBee, Bluetooth, NFC, RFID; y la subcapa de transmisión, que tal como indica se ocupa mayormente del transporte a larga distancia de esos datos captados a través de los sensores de la otra subcapa y que emplea tecnologías de comunicación como 3G, 4G, 5G.

En este nivel, las redes inalámbricas han cogido una gran relevancia debido al incesante aumento de dispositivos inteligentes. LTE está liderando los servicios inalámbricos, aunque todo hace indicar que la llegada del 5G desplazará esta tecnología por las elevadas tasas de transmisión que promete (del orden de Gigabits). Mientras que la tecnología más extendida pueda parecer que es la WIFI, debido a que utiliza una banda de espectro gratuita, el hecho de las posibles interferencias ha hecho que aparezcan otros candidatos a desplazarla en un futuro, tal como podría ser el caso de las redes Li-Fi (tecnología que utiliza LED para la transmisión de información).

2.1.2.3 Capa de gestión de los datos

Se podría considerar esta capa como el centro de control o cerebro de las ciudades inteligentes pues es donde se tratan, se almacenan y se analizan los datos recolectados para poder decidir que operaciones llevar a cabo y en qué momento. Es clave, por tanto, que los datos se mantengan actualizados en todo momento.

En esta capa se homogeneizan y combinan los datos recolectados de tan diversas fuentes y, de forma recomendada, mediante técnicas de Big Data se analizan y procesan.

Otra de las tareas fundamentales en el desarrollo de las ciudades inteligentes que se lleva a cabo en esta capa es el almacenamiento de los datos. Resulta necesario mantener un acceso confiable y escalable debido a la cantidad inmensa de datos que se recogen y que deben de ser completamente accesibles para la toma de decisiones. Es por ello, por lo complejo de la tarea, que arquitecturas como las basadas en almacenamiento en la nube o sistemas de almacenamiento a gran escala están acaparando tanta importancia.

La toma de decisiones es una tarea crítica para mantener el funcionamiento de las ciudades inteligentes y, por ello, es un área en continuo estudio que a través de sofisticados algoritmos y técnicas de decisión proveen de decisiones en tiempo real que son enviadas a la capa superior para su ejecución.

2.1.2.4 Capa de aplicación

Siendo esta la capa superior de la arquitectura de toda ciudad inteligente, se convierte en el punto de contacto entre la capa de gestión donde se han tomado las decisiones y los ciudadanos que van a verse afectados por estas decisiones.

Los ciudadanos interactúan directamente con esta capa por lo que aspectos tales como el diseño o la usabilidad pueden afectar directamente sobre su satisfacción en la prestación del servicio.

En una ciudad inteligente existen innumerables aplicaciones aisladas que a través de esta capa tienen acceso a los datos previamente procesados y almacenados, pero éstas tienen

un impacto casi nulo en la mejora de las prestaciones de las ciudades. Es mediante la compartición de información entre diferentes aplicaciones por donde se puede avanzar en la evolución de las ciudades inteligentes.

En esta capa las aplicaciones tienen acceso a grandes cantidades de datos y de operaciones que, en base a las necesidades de los usuarios, tienen que decidir si mostrar o no para mejorar su satisfacción. Es decir, el ciudadano no está interesado en los procedimientos seguidos por la capa de gestión y sólo busca la ejecución de las operaciones en un entorno que le satisfaga, por lo que debe ser abstraído de todo lo demás. Así mismo, el empleo de tecnologías muy avanzadas y complejas pueden producir el efecto contrario al esperado y generar rechazo o insatisfacción en el usuario promedio.

2.1.3 Servicios de las ciudades

En la sección sobre las características que definían a las ciudades inteligentes, se ha comentado que, si bien existen algunas que son comunes y aceptadas por la mayoría, es cierto que también dependen de los requisitos específicos que cada ciudad pueda tener. Con los servicios ocurre de manera similar. Hay áreas en las que se agrupan los servicios que son comunes, pero otras dependen de las necesidades concretas de cada ciudad.

Entre las áreas comunes a la gran mayoría pueden destacarse cuatro grandes bloques:

- Relacionados con la sociedad: aquí encajarían todos los servicios relacionados con el incremento del bienestar de los ciudadanos. Servicios vinculados con la gestión del agua, gestión de los residuos, edificios e infraestructuras inteligentes que reduzcan sus emisiones y consumo energético mientras son capaces de controlar aspectos como la seguridad, el alumbrado y otras acciones de forma automática.
- Relacionados con el transporte: continuando con la idea de la interconexión de las cosas o el entendimiento de las ciudades inteligentes como una aplicación del IoT,

el transporte debe evolucionar hacia un sistema que interconecte todos los tipos de transporte posibles así discurren o no por el mismo medio. Es por esto que los futuros medios de transporte contarán con sistemas de comunicaciones y de navegación que les permitirán obtener información unos de otros e incluso con las infraestructuras, de forma que puedan gestionar el tráfico, las rutas a seguir, rutas alternativas, etc. Además, la seguridad de los pasajeros también se verá incrementada.

- Relacionados con la sanidad: en la actualidad la población crece de forma exponencial mientras que el personal sanitario no lo hace. Esto provoca que los medios convencionales utilizados para el tratamiento de los pacientes sean insuficientes y, consecuentemente, que el riesgo de prescripciones de medicamentos inadecuadas o diagnósticos erróneos aumente. Los servicios que proporcionan las ciudades inteligentes en esta área tratan de incrementar la calidad de los servicios convencionales a través del equipamiento médico, redes de sensores, computación en la nube, aplicaciones en dispositivos móviles y nuevos y potentes mecanismos de procesamiento de datos.
- Relacionados con la energía: en las ciudades inteligentes se persigue que el consumo de energía provenga de un equilibrio entre fuentes renovables y no renovables. La idea es que las fuentes de energía renovables se incorporen al suministro de forma que puedan mantener de forma sostenible el consumo de energía proveniente de fuentes no renovables, mientras que se reducen los efectos negativos sobre el medio ambiente. Los servicios relacionados con esta área tienen que ver principalmente con la gestión de la energía en hogares y espacios públicos, lo que hace que el consumo global de energía se reduzca de forma importante.

2.2 Proyectos enmarcados en el programa europeo H2020

La mayor parte de los proyectos de investigación e innovación de la Unión Europea se agrupan en los denominados programas marco o programas de trabajo desde que en el 2011 se decidió agrupar toda la inversión en investigación bajo una estrategia común para los estados miembros.

Con el programa Horizonte 2020, (H2020), la UE se embarcó en el proyecto de investigación científica más ambicioso de su historia para los años comprendidos entre 2014 y 2020, con una inversión para financiación cercana a los 80 billones de euros y con el desafío de romper barreras de conocimiento y acercar los descubrimientos y resultados del laboratorio al ciudadano.

Tres son los pilares básicos sobre los que se asienta este programa:

- alcanzar la excelencia en ciencia: para lo cual se incrementa la dotación de fondos para la financiación de los investigadores europeos y se amplía el grupo de tecnologías futuras y emergentes (las consideradas de alto riesgo e interdisciplinarias).
- desarrollar la tecnología y su aplicación: se permite que empresas pequeñas y medianas participen en las propuestas presentadas financiando parte del presupuesto y obteniendo así una ventaja importante en pro de la comercialización de los resultados obtenidos.
- investigar cómo mejorar la calidad de vida de los ciudadanos: básicamente se fomenta la investigación en aquellas áreas que pueden derivar en una mejora de los problemas cotidianos de la sociedad europea. Entre estas áreas destacan, por ejemplo, la alimentación, la salud, la energía y el transporte.

El programa H2020 estaba abierto a toda clase de propuestas de investigación sobre más de una docena de temáticas, lo cual hizo que se recibieran más de 36000 propuestas respaldadas por más de 120000 participantes. Estas cifras certifican el gran impacto en el empleo y en la sociedad que tendrá este programa en los próximos años.

2.2.1 Proyectos en el área de Smart Cities & Communities

En el portal de la Comisión Europea puede encontrarse un listado de las propuestas presentadas y aceptadas para cada una de las áreas de investigación. En el caso que atañe al objetivo de este trabajo, el área que comprende a los proyectos sobre ciudades inteligentes es el de Smart Cities & Communities.

En el último programa de trabajo han obtenido financiación y, por lo tanto, han resultado de mayor interés, 13 proyectos [25] que pretenden dar un impulso y servir como punto de partida a todas esas ciudades que en el futuro buscarán formas más eficientes, sostenibles, en definitiva, más inteligentes, de desarrollarse. Entre estos proyectos cabe nombrar algunos relevantes:

- **MAchUP MAximizing the UPscaling and replication potential of high level urban transformation strategies** [26]

Ciudades guía: Valencia, Dresden, Antalya

Financiación: 19M€

Este proyecto pretende desarrollar soluciones innovadoras en los campos de la energía, el transporte y las tecnologías de la información y la comunicación en diversas ciudades europeas con el objetivo de reformular su modelo social, económico y medioambiental, a la vez que se potencia su economía local y el bienestar de sus ciudadanos. Para ello este proyecto pretende planificar qué medidas pueden implementarse de forma eficiente e implementarlas.

Entre las soluciones propuestas destacan: en el campo de la energía, la implementación de medidas de eficiencia energética en viejos edificios, la integración de fuentes de energía renovable en el suministro energético o la implementación de sistemas avanzados de almacenamiento energético; en el campo de la movilidad, la implementación de aquellas relacionadas con la movilidad basada en electricidad tanto para personas como para bienes, donde la

sustitución de vehículos convencionales por eléctricos jugará un papel importante, la implementación de una infraestructura eficiente para la carga de los vehículos, y el desarrollo de hubs de transporte; en el área de las ICT, aquellas que tienen que ver con la gestión y control de todas las infraestructuras urbanas, energéticas, de transporte y demás, que permiten a los ciudadanos mejorar e incrementar su bienestar y calidad de vida; y, finalmente en el área de la ciudadanía, se llevarán a cabo acciones dirigidas hacia la redefinición de políticas y normativas y la reutilización del conocimiento adquirido como guía para otras ciudades interesadas.

- **Triangulum: The Three Point Project / Demonstrate. Disseminate. Replicate.**
[27]

Ciudades guía: Eindhoven, Manchester, Stavanger

Financiación: 29M €

Este proyecto pretende desarrollar, expandir y replicar soluciones y programas de trabajo que puedan ser reutilizados por las ciudades europeas en un futuro próximo. Focalizando sus soluciones en los campos de movilidad sostenible, energía, ICT y negocio, y aprovechando la experiencia de los 22 miembros del consorcio que lo integran, desarrollarán e implementarán las mismas en las tres ciudades seleccionadas, basándolas en tecnologías que van desde la generación de energía renovable o la integración de baterías de almacenamiento de energía en la red eléctrica, hasta la restauración de 100000 m² de viviendas o el uso de medios de movilidad eléctrica.

Sus principales objetivos son: mostrar soluciones para ciudades inteligentes que puedan replicarse otras ciudades, mostrar modelos de negocio y sociales que sean funcionales para estas ciudades, hacer cuantificables financieramente las soluciones aplicadas para aumentar la seguridad de la inversión, involucrar a la

sociedad civil en el proceso de desarrollo de las soluciones para asegurar que cubren necesidades reales.

- **Ruggedised Rotterdam, Umea and Glasgow: Generating Exemplar Districts In Sustainable Energy Deployment** <http://www.ruggedised.eu/>

Ciudades guía: Rotterdam, Umea, Glasgow, Parma, Brno, Gdansk

Financiación: 19M €

Otro de los proyectos bajo el paraguas del programa H2020 que tiene como objetivo fijado la prueba e implementación de soluciones relacionadas con las ciudades inteligentes para acelerar su implantación entre el resto de ciudades europeas. En este caso se pretende probar como la combinación entre ICT, movilidad eléctrica y soluciones energéticas, aplicada al entorno de las ciudades inteligentes, puede mejorar la calidad de vida de sus habitantes, reducir la huella medioambiental y estimular el entorno para alcanzar un desarrollo económico sostenible.

Como se puede apreciar, la mayoría de los proyectos presentados aquí siguen un patrón similar en el que se presenta un plan de desarrollo para convertir ciertas ciudades en ciudades inteligentes. El mismo patrón siguen los otros 9 proyectos que han conseguido fondos en este marco de trabajo.

Mediante una serie de medidas adaptadas a las necesidades comunes de las ciudades seleccionadas, o incluso elaborando el pliego de soluciones en colaboración con los propios ciudadanos, se tratará de reconducir o potenciar el tejido social y económico hacia el concepto de ciudad inteligente.

Estos proyectos utilizarán entre tres y seis ciudades cada uno donde en un primer término se aplicarán las soluciones propuestas para, a continuación, y en base al conocimiento adquirido sobre las soluciones que funcionan y las que no, y sobre cómo desplegarlas, comenzar su implantación en las denominadas “followers cities”. Desde ese momento se

entiende que se habrá adquirido suficiente experiencia y se podrá formular un modelo estandarizado para su implantación y continuar replicando el modelo en distintas ciudades.

La intención de estos proyectos es la de generar un know-how que permita extender estas soluciones de forma rápida y eficiente a lo largo de las urbes europeas.

2.3 Interfaces conversacionales

Las interfaces conversacionales son sistemas que permiten interaccionar a usuarios, principalmente humanos, con dispositivos electrónicos que realizan tareas o servicios para estos usuarios, utilizando un lenguaje natural alejado de estos usuarios y, a través, de medios escritos u orales.

Por medio de este tipo de interfaces se puede llegar a interactuar con una variedad enorme de dispositivos y conformar multitud de tareas. En general, casi cualquier dispositivo con cierta capacidad de cómputo y una conexión a internet podría ser un receptor viable para incorporar una interfaz de este tipo y completar sus tareas sin necesidad de recurrir a otra entrada de datos, o instrucciones, que no fuera mantener una conversación con el usuario.

El grado de penetración de los dispositivos inteligentes más habituales, como puedan ser los smartphones, smartwatches o tablets, está alcanzado en Europa cifras en torno al 80% con países, como Países Bajos o Noruega, donde ya se supera el 90%. Esto da una muestra de la cantidad de dispositivos que podrían beneficiarse de estas interfaces y la cantidad de usuarios que podrían hacer uso de las mismas mejorando su acceso a los servicios.

En el siguiente epígrafe, se muestran algunos ejemplos de lo que podrían ser las interacciones más habituales en el mundo actual.

2.3.1 Modelos de interacción con interfaces conversacionales

En la introducción de este capítulo se arrojaba algún dato sobre el número de usuarios que podrían tener acceso a un smartphone, smartwatch o Tablet, y es por eso que, en esta sección, se van a mostrar algunas de las interacciones que pueden realizarse con este tipo de dispositivos a través de estas interfaces.

2.3.1.1 Smartphones

Estos dispositivos, que en su mayoría cuentan el sistema operativo de Google, Android, o de Apple, iOS, incorporan sistemas cuya función es ayudar a los usuarios a conformar tareas en sus dispositivos sin necesidad de realizar todos los pasos que serían necesarios sin ellos. Es lo que se denomina asistentes virtuales.

En el caso de Apple, su asistente virtual o Siri, puede reconocer órdenes y realizar las tareas más habituales que el usuario completa en su dispositivo. Con la ayuda de su interfaz conversacional, SiriKit, este asistente puede extraer la información que le resulte necesaria para completar su tarea, de una conversación mantenida con el usuario.

Algunas de las interacciones más habituales con el asistente de Apple en un smartphone:

- Solicitud de información del tiempo sobre un destino concreto.

A la pregunta sobre el tiempo en una ciudad, se muestra el texto de la pregunta reconocida y se obtiene una respuesta sonora con la información solicitada y una respuesta visual con esa información y otra adicional que amplía la previsión para las diferentes horas del día.



Ilustración 1. Captura Siri. Respuesta solicitud tiempo en Madrid

- Realizar tareas con habituales del dispositivo.

A la orden para establecer la alarma a una hora concreta un día concreto, se muestra el texto detectado de la conversación y se obtiene una respuesta sonora y visual confirmando que se ha establecido la alarma indicada para el instante indicado.

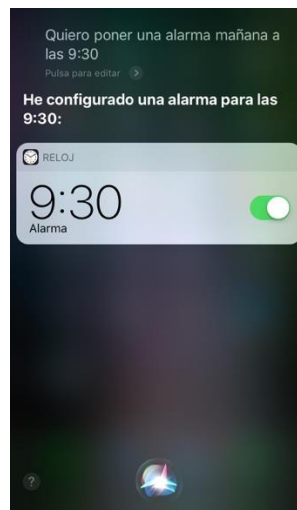


Ilustración 2. Captura Siri. Establecer alarma mañana a las 9:30

Esto es sólo una muestra sencilla de lo que puede hacer Siri, pero podría realizar una gran variedad de operaciones como puedan ser establecer citas, recordatorios, buscar rutas a destinos, abrir aplicaciones o llamar a contactos de la agenda entre otras muchas.

Al margen de la comodidad que puede proporcionar esta funcionalidad por el hecho de no tener que usar más que comandos de voz, también es interesante cómo se reduce al mínimo el número de acciones a llevar cabo para completar una tarea por parte del usuario. Sólo con indicar la tarea a realizar, la interfaz interpreta y extrae la información necesaria para que el asistente la complete.

2.3.1.2 Otros dispositivos

Con el desarrollo de la conocida como IoT, a medio plazo este tipo de interfaces pueden llegar a convertirse en un componente esencial de nuestra vida cotidiana. En un futuro en el que la población estará rodeada de una amplia red de sensores y dispositivos inteligentes de muy diverso origen, estas interfaces podrán ayudar a facilitar la comunicación entre ellos, incluso sin la interacción de ningún usuario.

No es de extrañar que esta tecnología se pueda encontrar ya en una gran variedad de dispositivos de nuestro día a día, como pueden ser los relojes inteligentes, los robots sociales, los altavoces inteligentes o multitud de plataformas web.

En el caso de los relojes inteligentes, son dispositivos que suelen carecer de conexión directa a internet, lo que consiguen conectándose por medio de Bluetooth a móviles inteligentes. Al emparejarse con el teléfono, se le permite interactuar con este dispositivo y llevar a cabo acciones sobre el mismo, tales como, responder a un mensaje o llamada, controlar la reproducción de contenido, mandar un mensaje y, todo esto, empleando únicamente voz sin tener que sacar el móvil del bolsillo. Este es un claro ejemplo, que podría extrapolarse a un futuro con la IoT, de cómo dos dispositivos diferentes podrían comunicarse entre sí para poder completar una orden del usuario.

Por otra parte, los robots sociales, son robots que pueden completar acciones similares a las que realizan los asistentes virtuales que implementan los teléfonos inteligentes, pero

con la capacidad de reconocer y mostrar emociones mientras interaccionan con los usuarios. Si a un asistente personal avanzado, que ya es capaz de reconocer expresiones y emociones a través de la comprensión del lenguaje, se le suma que pueda dotar a sus respuestas e interacciones de cierta personalidad y emoción, y que pueda reflejarlas visualmente, esto le convierte en un robot social. Este tipo de sistemas tienen una aplicación social importante en una sociedad cada vez más envejecida y solitaria, ya que pueden utilizarse como compañeros para personas mayores. Es por ello que se les está dotando de una apariencia cada vez más humana pues esto, junto con una pequeña charla inicial, ayuda a los usuarios a abstraerse del sentimiento de que están relacionándose con una máquina.

El último de los dispositivos sobre los que se va a hablar en esta sección, debido a la gran difusión que se les está dando en la actualidad, son los altavoces inteligentes. Grandes compañías como Amazon con su altavoz Echo dotado de su asistente inteligente Alexa o Google con su Google Home dotado de su asistente Google Assistant, están apostando por dotar a todos los hogares con asistentes que permitan controlar ciertas tareas de la casa conforme se vaya dotando a hogar de dispositivos inteligentes y sensores, poder controlar servicios o dispositivos como Spotify o la televisión o servir como interlocutor entre el usuario y la fuente de información que se considere consultar.

Todos estos dispositivos y plataformas se caracterizan porque tienen una entrada de datos a través de la cual el usuario realiza una petición, generalmente, una pantalla o un micrófono, y un interfaz de salida que suele ser un altavoz o una pantalla. Es decir, todos tienen el mismo objetivo, que no es otro que facilitar al usuario el acceso a los servicios y tareas ofertados por el dispositivo o la plataforma, sin tener que interaccionar de una forma predefinida con ellos, sino mediante una conversación en lenguaje natural.

2.3.2 Evolución de las Interfaces Conversacionales

Se puede decir que, hasta la aparición del asistente inteligente de Apple, Siri, las interfaces conversacionales habían estado en el foco de investigadores en el área de reconocimiento

de voz e inteligencia artificial, pero no había habido grandes avances. Prácticamente, una presentación en 1987 de cómo en Apple veían el futuro de las interfaces (The Knowledge Navigator, 1987 [42]) donde aparecía un interfaz con grandes capacidades comunicativas e interpretativas del lenguaje, y el avance sobre la Web Semántica en 2001 [43] que permitía a los agentes de internet poder completar tareas como comprobar agendas y buscar localizaciones, comprenden los principales avances en este campo hasta el lanzamiento de Siri.

Este avance tan rápido en los últimos años se debe en esencia a dos factores como han sido el progreso de la tecnología y el incremento de la aceptación de la misma por parte de un mayor número de usuarios, lo que ha propiciado el auge en el interés de grandes compañías.

2.3.2.1 Evolución tecnológica

Avances relativamente recientes en cuanto a la Web Semántica, a la Inteligencia Artificial, a las tecnologías relacionadas con el lenguaje, a los dispositivos inteligentes, a la conectividad y al interés mostrado por grandes compañías, son los principales factores que han contribuido a esta evolución.

La Web Semántica ha introducido mejoras en la forma en la que los motores de búsqueda recuperan la información, desplazando las búsquedas basadas en palabras clave y dejando lugar a una nueva técnica basada en búsquedas semánticas que permiten a estos motores interpretar de mejor forma los intentos del usuario y devolverle las respuestas y peticiones apropiadas.

Los avances en cuanto a Inteligencia Artificial propiciados por un cambio en el modelo de aproximación a un comportamiento inteligente basado en el uso de redes neuronales y modelos de aprendizaje estadísticos, junto con nuevos desarrollos en computación paralela, la capacidad de analizar cantidades de datos masivas (Big Data) para aprender de ellos y la implementación de nuevos algoritmos para procesar esos datos (Deep Learning), ha permitido que el aprendizaje mediante la interpretación de patrones de

comportamiento a partir de los datos o el aprendizaje desde la experiencia aumente exponencialmente.

Las tecnologías relacionadas con el lenguaje también han sufrido grandes avances desde que se introdujeran nuevas técnicas con Deep Learning y Machine Learning más próximas a la gestión del diálogo frente a las técnicas convencionales que se basaban en el aprendizaje de estrategias de diálogo a partir de datos.

Los dispositivos inteligentes manejan en la actualidad gran cantidad de información contextual que integrada con las interfaces conversacionales proporcionan al usuario soporte personalizado en base a sus preferencias y situación.

La mejora de la conectividad con los avances en velocidad, tecnologías inalámbricas, dispositivos móviles e incluso el almacenamiento y procesamiento en la nube que pone un enorme potencial de computación a disposición del reconocimiento del diálogo.

Estos avances son impresionantes pero el objetivo final es el alcance de un nivel de interacción totalmente similar al de un humano. Es por ello que aún queda mucho camino por avanzar.

2.3.2.2 Aceptación del usuario

Hace algún tiempo la interacción que llevaban a cabo los usuarios con este tipo de interfaces, con los asistentes inteligentes de sus terminales, se limitaba a una pequeña toma de contacto y un abandono poco más tarde debido principalmente a fallos con el reconocimiento y la frustración posterior en el usuario.

En la actualidad, debido a los avances anteriormente descritos, y al enfoque que se ha dado a estas interfaces como medio de interacción con dispositivos móviles cuando el usuario se encuentra en marcha, el reconocimiento de voz ha mejorado considerablemente y junto con la proliferación de dispositivos que poseen interfaces de entrada de datos menos “cómodas”, como pantallas reducidas, falta de teclado, etc. parece que la adaptación a estas interfaces va en aumento.

Además de lo comentado aquí, existen estudios que demuestran que la gente joven está más acostumbrada a este tipo de interfaces y utilizan el diálogo con sus terminales de forma habitual, ya sea para llevar acabo búsquedas o enviar mensajes a través de múltiples plataformas.

2.3.3 Elementos de una interfaz conversacional

Ya se ha visto cuál es la función de este tipo de interfaces, sin embargo, aún no se ha profundizado en los elementos que las conforman. Ese, junto con la descripción del funcionamiento, es el propósito de este epígrafe.

El funcionamiento básico de estas interfaces se descompone en distintas fases siguiendo el flujo de información en el sistema. Así pues, todo comienza con el usuario dirigiéndose hacia el interfaz y, a partir de ahí:

- se ejecuta el reconocimiento de palabras con el objetivo de convertir el audio en palabras
- se interpretan las palabras reconocidas tratando de extraer el significado y comprender qué quiere el usuario
- se continúa con la gestión del diálogo para decidir cuál es la siguiente acción a ejecutar. Podría ser la ejecución de alguna acción o solicitar nueva información o ayuda para clarificar el mensaje
- se construye la respuesta convirtiendo el significado de la respuesta en palabras. Puede acompañarse esta respuesta de información visual o de cualquier otro tipo
- se produce la síntesis del texto a voz e imagen en la pantalla

Aunque estos son los pasos habituales que realiza cualquier interfaz conversacional para reconocer el diálogo y proponer una respuesta, en una conversación natural se proporciona mucha más información además de las propias palabras. A través de gestos,

entonaciones, posturas, ritmos, el receptor obtiene nuevos datos para elaborar una respuesta apropiada. Información como la ubicación, la velocidad, el ritmo cardíaco, puede ser obtenida y utilizada, a partir de los dispositivos donde se incorporan, para completar la respuesta dada.

2.3.3.1 Automatic Speech Recognition, ASR

Los sistemas ASR, como su propio nombre indica, son sistemas cuya función es la de reconocer el habla y transformarla en palabras reconocibles para la máquina.

En todo sistema basado en lenguaje hablado, un correcto funcionamiento de este elemento es esencial y es desde hace, relativamente, poco tiempo que estos sistemas han alcanzado un nivel de perfección adecuado para cualquier orador.

Algunas de las características que han ayudado a alcanzar este nivel de acierto a la hora del reconocimiento son: la ampliación del vocabulario hasta millones de palabras en la actualidad, la independencia del orador frente al anterior tipo en el que éstos debían crear modelos leyendo y dictando grandes cantidades de texto, la capacidad que tienen actualmente para manejar un discurso continuo y poder separar correctamente las palabras, la habilidad para poder reconocer un diálogo fluido frente al modo dictado que sólo podían hacer antes, la forma en la que ahora pueden erradicar el ruido ambiente y aislar el diálogo, y la mejora en los micrófonos que evitan tener que estar acercándolo o aislándolo para hablar correctamente por él.

No obstante, estos sistemas han podido avanzar tanto por el desarrollo de los procesos probabilísticos y modelos acústicos en los que están basados.

Cuando una palabra es extraída del diálogo, ésta se compara con el modelo acústico del idioma que se está hablando y en base al resultado del proceso probabilístico se trata de localizar el fonema, la palabra o la frase más probable de entre todas las posibles.

Del mismo modo, el modelo acústico con el que se comparan las palabras extraídas, se forma a partir del entrenamiento con fonemas y algoritmos de aprendizaje máquina.

La mejora de los procesadores y la capacidad de cálculo en los dispositivos personales han provocado que estos algoritmos puedan ejecutarse mucho más rápido que en tiempos anteriores, de forma que mantener un diálogo fluido pueda ser mucho más fácil en la actualidad.

2.3.3.2 Text To Speech synthesis, TTS

Estos sistemas son sintetizadores que convierten el texto producido por el sistema y que debe darse como parte de la respuesta al usuario, en una señal de voz a ser reproducida por el altavoz. La calidad del resultado tiene un papel fundamental en estas interfaces pues de ello puede depender que un usuario continúe usándolo o no.

Estos sistemas no acostumbran a utilizar mensajes pregrabados, sino que sintetizan palabras conforme se recibe información. Para ello se puede decir que existen dos fases a completar:

- analizar el texto a ser sintetizado: primero se normaliza para localizar las fronteras entre palabras y eliminar las abreviaturas posibles de forma que el texto pueda ser leído, a continuación se transforma el texto en una sucesión de fonemas y se analiza también el ritmo y tiempo para su locución.
- sintetizar la forma de onda: estos sistemas recurren a unidades de voz grabadas de diferentes tamaños, desde fonemas a frases y oraciones, y en función de cómo se correspondan las entradas de texto con esas pregrabaciones, van concatenando y combinando unidades fonéticas y procesando la señal para suavizar los saltos de cara a generar la salida.

Con las dos fases anteriores se pretende que la salida sea lo más inteligible posible en términos fonéticos y lo más parecido a lo que sería un sonido generado por un humano mediante el tratamiento de la forma de onda.

CAPÍTULO 3: APLICACIÓN/PROPUESTA

Como se ha introducido anteriormente, el uso de interfaces de lenguaje natural o interfaces conversacionales se ha ido extendiendo a través de numerosos productos comerciales que han favorecido una rápida evolución en este campo. Estas interfaces comenzaron partiendo de sencillos sistemas con los que se podía entablar una conversación para llegar, en la actualidad, hasta los grandes asistentes personales que permiten completar tareas cada vez más complejas.

Entre los productos comerciales más destacados que implementan esta tecnología, destacan aquellos pertenecientes a gigantes tecnológicos como son: Alexa de Amazon, Dialogflow de Google, Luis de Microsoft o SiriKit de Apple.

En el caso de este trabajo, se ha optado por emplear el producto Dialogflow de Google por los motivos que se detallarán en el siguiente epígrafe.

3.1 Chatbots

Tal como indica el título en este apartado se va a realizar una introducción a los chatbots, cubriendo aspectos como su definición, en qué consisten y cuál ha sido su evolución hasta el día de hoy.

Se considera como chatbot a un robot que es capaz de contestar de forma automática a las preguntas que se le formulan. Es por eso que, en la actualidad, están muy presentes en plataformas de mensajería y redes sociales donde su presencia permite la gestión de múltiples conversaciones simultáneas.

Tradicionalmente estos robots no eran muy aceptados e incluso generaban rechazo en los usuarios por dos motivos principalmente: el primero era que no tenían una presencia en la plataforma aparentemente humana y tampoco se comunicaban con el ritmo y las expresiones que podrían considerarse humanas.

Sin embargo, con el avance en inteligencia artificial y la tecnología, estos robots son, en la actualidad, capaces de desarrollar y mejorar sus cualidades de forma autónoma y capaces de interpretar y responder de una forma comprensiva al lenguaje humano.

Es debido a esa nueva capacidad para hacer una comunicación más humana, pasando de un enfoque de interpretación del lenguaje a otro basado en la comprensión del mismo, que se ha producido la explosión en su integración en plataformas de compañías y servicios.

En este momento se ha aceptado su presencia en los canales de redes sociales de múltiples compañías, pues ya no son percibidos tan negativamente por parte del público e, incluso, se les atribuyen ciertas características interesantes, tales como:

- incrementan la atención del usuario pues sólo se le proporciona la información conforme éste interacciona con el robot, no en bloque como se hacía anteriormente.
- reducen la frustración del usuario respecto al enfoque anterior donde existía muy poca tolerancia al error de interpretación, pues con el uso actual de interfaces conversacionales puede guiarse al usuario a través de un camino que hará más fácil conocer la intención de este y, por lo tanto, prever sus pasos.

3.2 Dialogflow

Dialogflow es una tecnología perteneciente a Google, anteriormente llamada Api.ia, que permite a los usuarios de un sitio web o aplicación móvil, interactuar a través de interfaces conversacionales basadas en voz y texto, potenciadas por inteligencia artificial, con productos como puedan ser Google Assistant o Amazon Alexa entre otros tantos.

Esta herramienta proporciona la posibilidad de crear agentes conversacionales dedicados a obtener información de los usuarios, para después interpretarla, comprenderla, y

proporcionar una respuesta previamente programada. Con este intercambio de información es como se perfecciona la conversación.

Dialogflow facilita su integración en multitud de plataformas, 16 en la actualidad, entre las que destacan: Twitter, Slack, Facebook Messenger, Amazon Alexa, etc. Permite a sus usuarios acceder a sus interfaces a través de cualquier dispositivo inteligente como smartphones o smartwatches y por ello pone a disposición del desarrollador diferentes SDKs. Proporciona soporte para más de 20 idiomas y, aunque posee dos versiones, una de pago y otra gratuita, con esta última se permite acceder a todas las características necesarias para la amplia mayoría de los desarrolladores, por lo que para el propósito de este trabajo es más que suficiente.

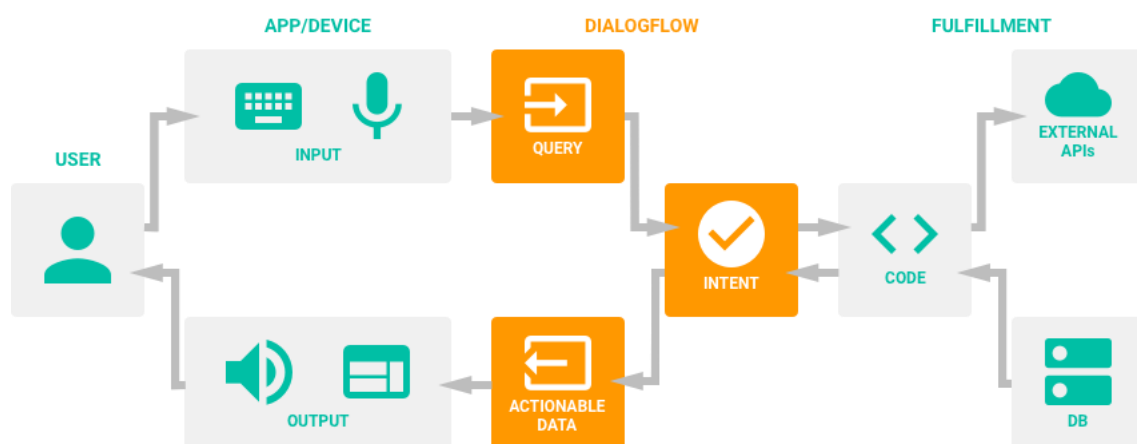


Ilustración 3. Componentes de un agente conversacional. Cortesía:

<https://cloud.google.com/dialogflow-enterprise/docs/concepts/agents>

La ilustración superior muestra como se produce el flujo de información en un sistema conversacional desde que un usuario inicia la conversación a la entrada hasta que les es devuelta su respuesta.

Como puede observarse en la imagen, la comunicación comienza con un usuario que introduce información por medio de diferentes dispositivos o aplicaciones que la transfieren al agente de Dialogflow como una nueva consulta. El contenido de esta consulta es interpretado y comprendido para extraer la posible intención del usuario y

poder cotejarla con el registro de intenciones previamente configurado, las denominadas “intents” o intenciones. Si como resultado de la búsqueda, se encuentra una intención apropiada, ésta habrá sido configurada por el desarrollador con las acciones a llevar cabo en el siguiente paso. Será la encargada de proporcionar la información que requería el usuario y para ello podrá comunicarse con servicios externos, si fuese necesario, mediante el empleo de webhooks y fulfillments (destinos finales y acciones a realizar). Con toda la información recibida de las fuentes externas y con la información predefinida en la propia intención, el agente completa una respuesta que es enviada al usuario y que será representada por los distintos interfaces de que disponga éste, pudiendo ser una respuesta sonora o visual.

3.2.1 Agents

Con Dialogflow se proporciona una forma de generar interfaces conversacionales apoyadas en un potente intérprete de lenguaje natural. El hecho de poder interpretar las instrucciones dadas por un usuario, sin la necesidad de enseñarle o forzarle a emplear una sintaxis concreta es la clave en esta herramienta. Este agente será el encargado de mantener la conversación con el usuario e ir dialogando con él para extraer los parámetros que resulten de interés para posteriores acciones.

Mediante la creación de “agentes” se consigue que la herramienta reconozca una amplia cantidad y variedad de matices del lenguaje humano y que a su vez se interprete de forma que el resultado sea reconocible para la aplicación o servicio. Puede también manejar el contexto de la conversación y relacionar respuestas y preguntas dando la sensación de que comprende el lenguaje.

Con estos agentes se puede parsear la conversación con el usuario y buscar los parámetros que se necesita pasar en la petición al servicio externo requerido.

3.2.2 Intents o intenciones

A través unos elementos denominados “intents” o intenciones, se indica como el agente podrá mapear la entrada del usuario a una respuesta apropiada. Básicamente, es el elemento que pone en contacto la información obtenida del usuario con el agente para que éste pueda decidir qué acciones llevar a cabo a partir de ella. Estas intenciones se componen principalmente de tres componentes:

- Frases de entrenamiento: no son más que ejemplos de frases que un usuario podría utilizar y que Dialogflow emplea para contrastar la entrada con muchas otras frases similares con el objetivo de construir un modelo de lenguaje que machee eficazmente la entrada del usuario. Este modelo se irá haciendo cada vez más robusto y variado a través del entrenamiento y el aprendizaje máquina.
- Acciones y parámetros: para mejorar el comportamiento de los “intents”, estos se pueden relacionar con “entities” o categorías de datos, de forma que no sólo se localiza un dato, sino que se localiza un dato de cierta categoría o tipo. Esto permite extraer parámetros y programar respuestas a los mismos.
- Respuestas: básicamente es la respuesta escrita, sonora o visual que se le proporciona al usuario y en la que se le induce hacia el siguiente paso o hacia el final de la conversación.

Estos componentes funcionan siguiendo una secuencia que comienza con la recepción de una expresión transmitida por un usuario. A partir de ella, el agente trata de buscar una relación con un “intent” previamente definido y, en caso positivo, extrae los parámetros necesarios para dar la respuesta apropiada al usuario. Esta secuencia se seguiría produciendo hasta que se alcanzase el final de la conversación.

Dialogflow posee la capacidad para manejar respuestas sencillas y estáticas, pero también da la oportunidad de gestionar respuestas más apropiadas o elaboradas y con cierta lógica a través de las denominadas “fullfilment”.

3.2.3 Fullfilments & Webhooks

Esta función permite que las respuestas dadas al usuario puedan ser mucho más complejas y elaboradas puesto que pueden comunicar a los agentes con servidores externos que presten todo tipo de servicios. Durante una conversación llevada a cabo con un agente, se puede ir extrayendo y parametrizando información procesando el lenguaje natural en cada “intent” llevado a cabo, y con ello generar acciones o disparar eventos en otros servicios finales.

Así pues, un usuario interesado en realizar una consulta sobre el tiempo, sobre una dirección, o realizar alguna función sobre algún dispositivo inteligente, podría interaccionar con un agente, éste podría extraer información sobre la acción que pretende llevar a cabo y, por medio de esta característica, ponerse en contacto con el destino de esa acción.

Para la creación de un “webhook”, que no es más que la creación de un destino final en el servidor al que se espera contactar, sólo se necesita una URL a la dirección del destino final donde se escucharán las peticiones.

Este “webhook” estará ligado a los “intents” donde se haya activado esta función, por lo que cuando sea disparado en el “intent” donde se ha definido, realizará una petición http con un JSON donde se incluye la información extraída del “intent”. Del mismo modo, recibirá la respuesta desde el servicio con la información sobre qué operaciones realizar en respuesta a la petición.

3.3 API REST

Una API o Application Programming Interface, es un conjunto de instrucciones y herramientas que definen, de una forma simple y estandarizada, cómo diferentes componentes software pueden ser reutilizados y cómo pueden comunicarse e interactuar

entre sí. De esta forma se evita la necesidad de tener un conocimiento profundo de ellos por parte del desarrollador y se amplían las capacidades de distribución y expansión de ciertas tecnologías.

En este caso, la API REST, acrónimo de REpresentational State Transfer, es una API ideada en el año 2000 que define un estilo de arquitectura para sistemas distribuidos basados en hipermedia, es decir, sistemas que empleen protocolos HTTP para obtener datos u operar sobre ellos. Con esta API se pueden desarrollar sistemas que intercambian información sin tener que conocer en profundidad cómo se organiza ni cómo se accede a esa información tanto en el sistema de origen como el de destino.

Toda API REST se fundamenta en basa en seis principios de diseño:

- Arquitectura cliente – servidor: un sistema petición-respuesta donde se separa la interfaz del cliente que realiza las peticiones y la del servidor que contiene o almacena los datos. De esta forma, la escalabilidad e interoperabilidad entre plataformas aumenta al no tener que adaptar el sistema en el servidor.
- Sistema sin estado: las peticiones del cliente no pueden contener ningún contexto almacenado en el servidor. Es por ello que toda petición debe contener toda la información necesaria para que pueda ser interpretada en el servidor. Son transacciones que se ejecutan por completo cuando se devuelve la respuesta a la petición realizada.
- Información almacenable: debe indicarse si las respuestas obtenidas por el cliente son almacenables en la caché o no, de forma que ante peticiones similares el cliente pueda reutilizar las respuestas. Es una forma de optimizar los recursos y hacer las peticiones más eficientes.
- Interfaz uniforme: se debe simplificar la interfaz mediante la identificación de los recursos, el uso de mensajes autodescriptivos, el empleo de hipermedia y la manipulación de recursos a través de representaciones de los mismos.

- Sistema dividido en niveles: se compone de distintas capas dispuestas jerárquicamente de forma que el comportamiento de cada una queda delimitado en sí misma y no puede ser interferido por otros niveles diferentes.
- Codificación bajo petición: se permite la expansión de la funcionalidad a través del empleo de scripts o applets. Así se simplifican los clientes.

En este tipo de API, todo gira en torno a la petición que realiza un cliente sobre un recurso y la respuesta del servidor. Es por tanto que los recursos son la piedra central de este sistema, siendo los mismos, cualquier tipo de información que pueda ser llamada (documentos, imágenes, servicios, etc). Estos recursos utilizan identificadores de recurso únicos para poder ser identificados en las transacciones entre componentes.

Otro aspecto importante de este tipo de API son los métodos, los cuales representan el modo en que la transacción del recurso será completada y las acciones que pueden llevarse a cabo sobre la API y que suelen abreviarse con las siglas CRUD (create, retrieve, update, delete). Por norma general, los métodos empleados para llevar a cabo las funciones básicas son:

- método GET: empleado para obtener algún recurso o información sin realizar ninguna modificación o alteración del mismo o cambio de su estado en la API. Al ser un método Http, a su ejecución se devuelven los objetos pedidos y un código de respuesta similar al de cualquier petición GET (200 OK, 404 NOT FOUND, ...).
- método POST: empleado para la creación de un nuevo recurso en una colección ya existente. Al igual que con el método anterior, se enviará un código de respuesta con información sobre la transacción (200 OK, 201 CREATED, ...).
- método PUT: empleado para actualizar algún recurso ya existente. En caso de que no exista el mismo podría crearse uno nuevo como respuesta. Se devolverá un código de respuesta similar al caso del método POST si se realiza la operación.

- método DELETE: como su nombre indica, este método es el que se utilizaría en caso de querer eliminar un recurso. En todo caso se seguiría recuperando un código de respuesta con el estado de la transacción.

3.3.1 Datos Abiertos Ayuntamiento de Madrid

En el año 2016 el ayuntamiento de Madrid puso a disposición de la ciudadanía un portal web de libre acceso, dedicado a promover el acceso a los datos del gobierno municipal e impulsar el desarrollo de herramientas creativas para atraer y servir a la ciudadanía (datos.madrid.es).

El principal objetivo del volcado de estos datos es que a partir de ellos se puedan generarse nuevas aplicaciones, informes o investigaciones, por parte de cualquier persona. Por esta razón los datos que se publican en este portal, están disponibles de forma abierta y libre para que puedan ser reutilizados y redistribuidos como se estime oportuno. Además, son facilitados en un formato más en bruto, sin demasiado tratamiento, para que puedan ser más fácilmente reutilizados.

Con un total de 352 conjuntos de datos puestos a disposición del público, y abarcando estos servicios informaciones tan dispares como las estadísticas de accidentes de tráfico en los que se han visto implicadas bicicletas o el inventario de zonas verdes del municipio, queda en el lado del usuario el modo en el que se reutilicen los mismos. Para facilitar esta tarea y fomentar la innovación y creación de nuevas aplicaciones, estos datos se facilitan en distintos formatos (CSV, XML, XLS), inclusive a través una API REST donde se implementan distintas operaciones, mayoritariamente las de tipo GET y a través de la que pueden cursarse peticiones de información y obtener objetos JSON con la misma.

3.4 Aplicación

En este trabajo se ha desarrollado un interfaz conversacional que haciendo uso de sistemas de interpretación de lenguaje natural, proporciona al usuario la capacidad de localizar servicios a su disposición en el municipio de Madrid sin tener que realizar ningún paso más allá de “decírselo” a su interfaz. Se trata de mostrar cómo con la integración del interfaz en plataformas de uso común para los usuarios, puede servir para agilizar el acceso a servicios, en este caso, mediante la interacción con el panel de datos de una ciudad moderna, como es el caso de la ciudad de Madrid.

A través de este chat, el usuario accediendo a su perfil de Twitter, Instagram o Whatsapp es capaz de hacer las consultas pertinentes para obtener la información que desea en el momento en el que desea, sin la necesidad de preocuparse de cómo sería el “camino” para alcanzar esa información, ni los comandos necesarios para interactuar con el asistente.

El gran avance que se ha producido durante los últimos años no ha sido en cuanto a la interpretación del lenguaje en sí, sino en el entendimiento de este. Esto quiere decir que un usuario podrá hablar de forma natural sin prestar atención al ritmo con el que lo hace o a las palabras o expresiones que utiliza, y el interfaz será capaz de comprender y entender cuál es la intención del usuario sin necesidad de que todas sus palabras tengan que ser interpretadas, cotejadas y localizadas en el registro.

Mediante el empleo de intérpretes conversacionales y motores de lenguaje natural, un usuario común, sin apenas ningún conocimiento técnico de ningún tipo, puede interactuar perfectamente con el sistema y obtener la prestación del servicio como lo haría un usuario avanzado.

El acceso a estos servicios se puede prestar de forma mucho más sencilla y eficaz ampliando así el público que puede hacer uso de él, democratizándolo, que a finde cuentas es una de las características de las ciudades inteligentes. El usuario ya no necesita seguir los pasos que haría cualquier persona para localizar un recurso. Simplemente, dirigiéndose a su interfaz y diciéndole lo que necesita a través de un breve diálogo, puede

evitarse tener que realizar una búsqueda, concretar la misma, acceder al portal, navegar por el mismo, localizar el contenedor de la información y seleccionar la información. Y todo eso suponiendo que el usuario posea cierto conocimiento técnico y no tenga ninguna discapacidad que le limite u obstaculice todavía más el acceso a estos servicios.

El objetivo de esta aplicación no es en sí proporcionar un servicio muy amplio o robusto, sino mostrar el potencial que este tipo de aplicaciones puede tener en un entorno en el que la proliferación de dispositivos inteligentes y recolección de datos de toda índole, abren un abanico de posibilidades en cuanto a los servicios que pueden prestarse en el ámbito de las ciudades inteligentes.

Así pues, esta aplicación mostrará cómo con el empleo de la herramienta de Google, Dialogflow, se pueden desarrollar interfaces conversacionales que pongan en contacto a cualquier usuario con acceso a un dispositivo inteligente o una plataforma común como Twitter, con la información facilitada por el Ayuntamiento de Madrid en cuanto a la ubicación y prestación de servicios como son la ubicación de “Puntos Limpios” y “Bibliotecas”.

3.4.1.1 Funciones de la aplicación

Como se acaba de ver al comienzo de este epígrafe, la aplicación pretende poder informar al usuario de la ubicación de diferentes servicios según necesite el ciudadano, y según el barrio que le indique el mismo.

Este servicio se podría localizar utilizando un navegador y realizando búsquedas iterativas hasta llegar a la información en concreto, pero en este caso, se va a utilizar un intérprete conversacional que, utilizando y comprendiendo un lenguaje natural va a conversar con el ciudadano para extraer la información pertinente sobre el servicio que le resulta de interés.

Puesto que el diálogo entre el agente conversacional y el usuario se puede realizar por medio escrito o hablado, puede considerarse este interfaz como un sistema multimodal que mejora la accesibilidad al servicio. Al utilizar un medio u otro, entrarán en juego los

elementos de la interfaz encargados de reconocer el habla, el ASR (Automatic Speech Recognition), para convertirla en texto interpretable y el TTS (Text To Speech Synthesis), para sintetizar el texto de la respuesta y convertirlo en voz. Ambos elementos fueron descritos en el Estado del Arte de este trabajo.

Visto lo anterior, se observa cómo la principal función de esta aplicación es proporcionar información sobre el servicio sobre el que el usuario esté interesado y para el barrio o distrito que éste determine.

Para completar esta función, el agente conversacional realiza los siguientes pasos:

- La interfaz se adhiere al diálogo que inicia el usuario con un saludo introducido en el sistema mediante lenguaje escrito o hablado. Este texto introducido, o reconocido a partir del habla, no está sujeto a una fórmula única, sino que puede producirse de múltiples formas que han sido incluidas como frases de entrenamiento en el “intent” y completadas con muchas otras posibilidades por los motores de lenguaje que posee Dialogflow.
- Tras reconocer el saludo inicial y encontrar el “intent” con el que se equipara la intención de saludar del usuario, se selecciona la respuesta al saludo de entre las introducidas en el desarrollo. Esta respuesta comprende el saludo de vuelta y una cuestión sobre si el usuario necesita ayuda, como forma de incitar al usuario a compartir información sobre qué desea hacer.
- El siguiente paso ocurre cuando llega la respuesta del usuario y se procesa el mensaje. Como en el caso del saludo, el texto se trata de comprender y, a partir de ahí, buscar una intención o “intent” que sea lo más adecuada a lo que desea el usuario. En el caso más habitual, el agente descubrirá que se habla de servicios y derivará su respuesta al “intent” que extraerá información sobre el servicio y devolverá una respuesta confirmando que ha entendido qué desea el usuario y cuestionándole sobre su ubicación.
- En la siguiente respuesta del usuario se espera recibir información sobre el distrito o barrio en el que desea localizar el servicio. El agente conversacional mantiene

el contexto de la conversación así que cuando recibe e interpreta la información relativa a la ubicación ya tiene todos los datos para poder contactar con el banco de datos.

- Mientras el usuario se mantiene a la espera, el último “intent” ha utilizado el “webhook” en Dialogflow, o punto de enlace con un servicio exterior, para contactar con el servidor de funciones de PubNub. Este servidor recibirá la petición y adaptará su formato al de la API del Ayuntamiento de Madrid antes de reenviársela. El Ayuntamiento enviará de vuelta su respuesta al servidor de PubNub y ahí se volverá a tratar para adaptarla al formato esperado por Dialogflow antes de enviársela.
- El último paso del proceso es la muestra de la información recibida en el agente conversacional.

3.4.1.2 Intents de la interfaz

Se han creado varios “intents” en la herramienta pensando en las posibles “intenciones” que podría tener un usuario que accede al sistema. Estas intenciones tienen que ver con el saludo, la selección de un servicio y la búsqueda de ese servicio según una ubicación de referencia.

Se han introducido frases de entrenamiento que representan posibles entradas del usuario que sirven como modelo de aprendizaje para el motor de lenguaje de Dialogflow. Es decir, no sólo las posibilidades incluidas aquí serán las que se cotejen cuando haya una entrada, sino que existe un motor de lenguaje que está en constante aprendizaje y en base a las frases de entrenamiento introducidas, buscará entre innumerables opciones las más factibles. Este mecanismo sirve para comprender la intención del usuario y poder localizar el “intent” más adecuado.

Una vez que se ha encontrado una intención apropiada, el agente proporcionará alguna de las respuestas introducidas por el desarrollador y seguirá el flujo de la conversación.

En las frases de entrenamiento pueden seleccionarse palabras clave que se corresponden con entidades o categorías. Esto es algo así como seleccionar distintas palabras para que se comporten como variables del tipo o entidad que se les asigne. De esta forma podrán ser reutilizadas como variables en distintas fases del desarrollo del agente utilizando su valor tanto para dar mejores y más completas respuestas como para poder mantener contextos en diferentes secuencias de “intents”.

Los contextos son fórmulas para mantener información a lo largo de una secuencia de intenciones, relacionadas entre sí que para la obtención de información sobre cualquier aspecto. En el caso de esta aplicación, los contextos mantienen la información sobre el último servicio y barrios seleccionados.

3.4.1.3 Entities o entidades de la interfaz

Las entidades son elementos útiles cuando se necesita extraer y categorizar información a partir de la conversación mantenida con el usuario.

En nuestro caso particular, a pesar de que Dialogflow pone a disposición del desarrollador multitud de entidades predefinidas, se necesitaban crear al menos dos que permitiesen almacenar la información crítica para las peticiones a realizar. Por ello, se han creado 2 entidades o categorías de datos diferentes, para adecuarse a los dos parámetros principales necesarios para emitir las peticiones al servicio de datos del Ayuntamiento de Madrid, la entidad @barrio y la entidad @servicio.

barrio

SAVE

☒ Define synonyms ⓘ ☐ Allow automated expansion

arganzuela	arganzuela, argan
centro	centro
chamberi	chamberi, chambe
carabanchel	carabanchel, caran
barajas	barajas, aeropuerto
vicálvaro	vicálvaro
ciudad lineal	ciudad lineal
latina	latina, la latina
puente vallecas	puente vallecas, puente de vallecas, vallecas
usera	usera

Ilustración 4. Asistente creación de entidades. Entity @barrio.

El caso mostrado en la ilustración previa es el de la creación de la entidad @barrio. Esta entidad engloba todas las palabras que pueden ser utilizadas para nombrar a los diferentes distritos de Madrid, tanto nombres oficiales como posibles sinónimos o jerga utilizadas.

Cuando en una interacción aparece alguna de estas palabras, inmediatamente se recupera la intención predefinida y se pone disponible como contexto.



Hay una opción que aparece en la ilustración que dice “Allow automated expresión” y que está relacionada con la capacidad del motor de lenguaje de Google para aprender de forma automática y proveer posibles sinónimos según sus procesos. En este caso no se ha activado porque la lista de parámetros viene determinada por los distritos definidos en el API del Ayuntamiento de Madrid y entendemos que es suficiente.

3.4.1.4 Integración


La integración del agente conversacional en diferentes plataformas es muy sencilla utilizando el asistente proporcionado por Dialogflow. A través del mismo pueden realizarse múltiples integraciones en plataformas tan diversas y extendidas como Twitter, Facebook Messenger, Google Assistant o incluso una demo para cualquier servicio web. Así hasta un total de 17 plataformas donde es posible la integración con el soporte de Dialogflow. Si se quisiera integrar en otras plataformas, sería necesario recurrir a entornos de desarrollo específicos que requerirían de mucha más configuración.



En este caso se ha optado por integrar el asistente en dos plataformas diferentes, siendo una de ellas Twitter con más de 330 millones de usuarios en Europa y casi 5 millones en Madrid en 2017 [45] y otra un interfaz integrable en cualquier servicio web por las posibilidades que esto plantea para entidades municipales que quieran dar un servicio más accesible.

Web Demo

 Web Demo 


Test the agent on its own page. Share the link to the page or embed the widget in other websites to get more conversations going. [More in documentation.](#)

<https://bot.dialogflow.com/17e2b53b-c05e-432b-a16c-8b4c2baa6d8b> 

 Seems that your agent info is not filled yet. Set icon and description for better end-user experience. 

Add this agent to your website by copying the code below:

```
<iframe
  allow="microphone;"
  width="350"
  height="430"
  src="https://console.dialogflow.com/api-client/demo/embedded/17e2b53b-c05e-432b-a16c-8b4c2baa6d8b"
>
</iframe>
```




CLOSE

Ilustración 5. Asistente integración servicio web

Como se puede apreciar, la integración del agente conversacional es prácticamente directa en cualquier plataforma web. Sólo es necesario copiar el código del iframe e incrustarlo en cualquier página. Resulta revelador lo sencillo que sería integrar esta tecnología en cualquier página de servicios.

Twitter

 Twitter

Train your Twitter bots to understand natural language.

When your Dialogflow agent is ready, follow these instructions to connect it to [Twitter](#):

- In [Twitter Application Management](#), click 'Create new App' and fill in all the fields.
- In the 'Permissions' tab, select 'Read, Write and Access direct messages' in the 'Access' area and click 'Update Settings'.
- In the 'Key and Access Tokens' tab, click the 'Create my access token' button.
- Enter the Bot Username in the respective field below.
- From the 'Key and Access Tokens' tab, copy Consumer Key, Consumer Secret, Access Token, and Access Token Secret and paste in the respective fields below.
- Click 'START'.

[More in documentation.](#)

Bot Username

Consumer Key

Consumer Secret

Access Token

Access Token Secret

Dev environment label (e.g. prod, dev, staging, etc.)

START

Ilustración 6. Asistente integración en Twitter

En este caso la integración resulta un poco más costosa pues se requiere de un perfil de desarrollador en Twitter, pero siguiendo las instrucciones de registro, el resto de los campos solicitados por el asistente se pueden obtener de la página personal en la plataforma de Twitter con relativa facilidad.

3.4.1.5 Interfaz de la aplicación

La funcionalidad de esta aplicación está acotada al objetivo de este trabajo, el cual no es en esencia la creación de un agente conversacional, sino demostrar el potencial que pueden tener estos agentes en una ciudad con gran variedad de dispositivos inteligentes, heterogéneos y que pueden interoperar entre sí y con la administración para el uso de datos recolectados en la ciudad.

En este apartado se pretende mostrar cuál es el funcionamiento básico del interfaz y cómo es el flujo de la conversación desde que comienza realizando una petición el usuario hasta que obtiene la respuesta a del servicio a través del interfaz.

Como puede observarse en la ilustración superior, llevar a cabo la integración del interfaz, es prácticamente automática. No requiere de más pasos que activarlo pulsando sobre la pestaña y ya se facilita al desarrollador el código para insertarlo en cualquier página web, si es lo que se desea, o la URL para abrirlo en una interfaz web.

En este caso, para mostrar el funcionamiento del agente conversacional, se ha optado por utilizar el interfaz web facilitado por la propia herramienta y que sería un complemento óptimo para cualquier portal de servicios pues haría las consultas de sus clientes mucho más eficientes. Un usuario sólo tendría que llegar a la página principal del servicio y mediante un breve diálogo obtendría la información que esté buscando.

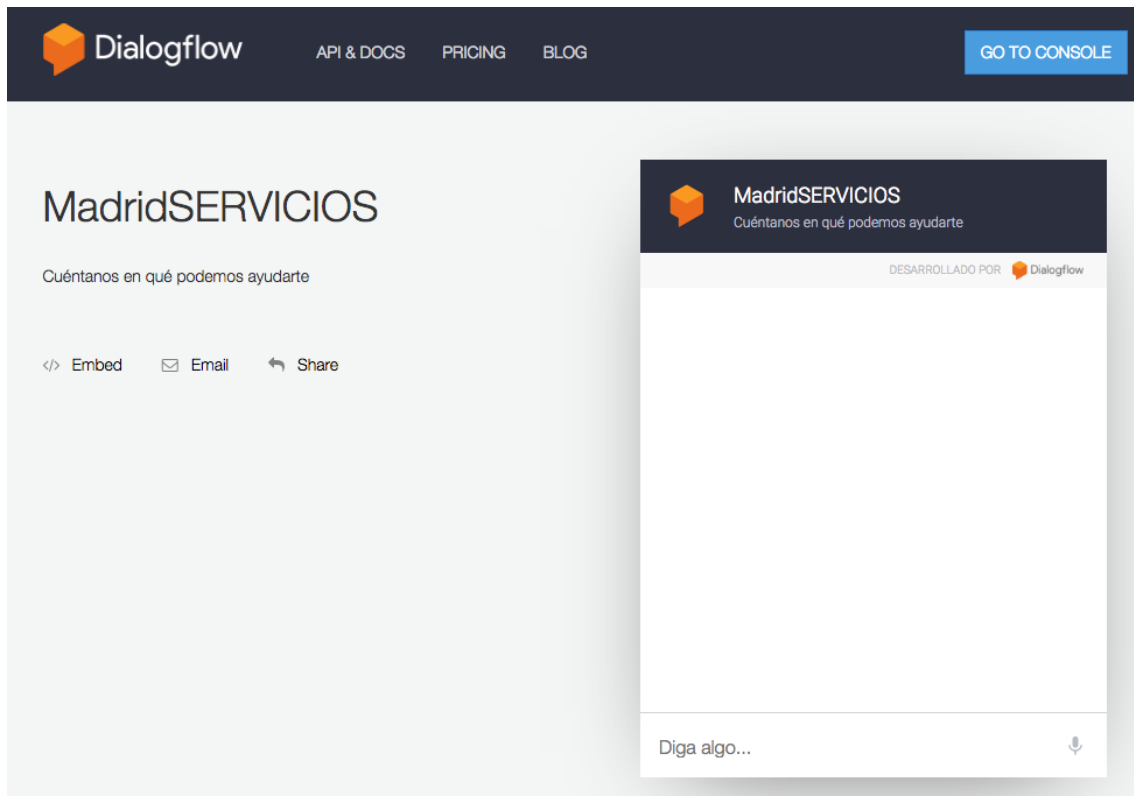


Ilustración 7. Pantalla bienvenida

En esta primera pantalla, se muestra el espacio de diálogo que se integraría en la página de cualquier servicio web. Como puede apreciarse está compuesto por un encabezado con los datos de la aplicación o servicio, seguido de una breve descripción informal que invite al diálogo. No es hasta que el usuario saluda que el interfaz entra en acción devolviendo el saludo y guiando al usuario por el camino que le permita extraer la información sobre el servicio que le interesa.

En esta interacción sólo intervendrían dos componentes, como serían la plataforma en la que se inserte el chat y la plataforma donde está alojada la lógica del interfaz conversacional, Dialogflow.

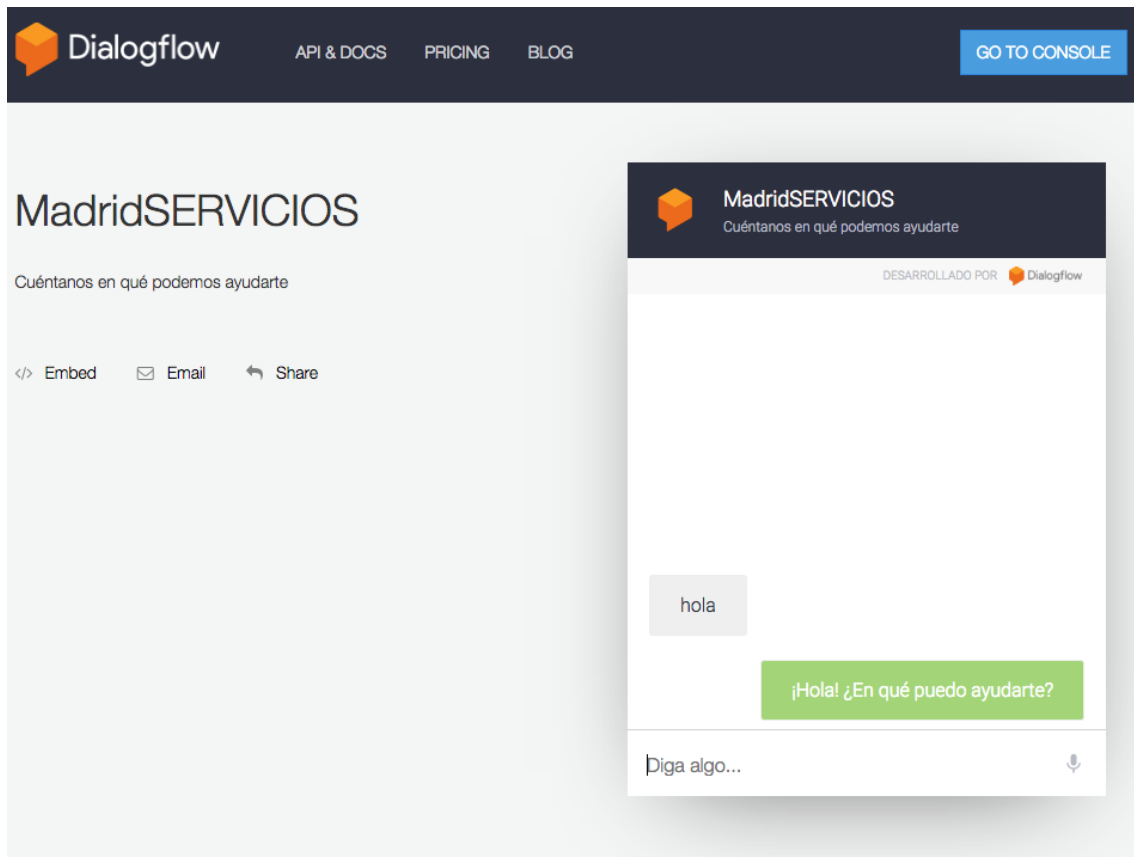


Ilustración 8. Pantalla saludo inicial

El siguiente paso en el diálogo sería indicarle al agente qué es lo que está buscando el usuario, a lo que el agente deberá responder con una consulta sobre la ubicación más cercana a dónde quiere el servicio. Para ello dará respuesta al usuario y mantendrá el contexto del servicio consultado a la espera de obtener el resto de parámetros.

En esta interacción siguen interviniendo los mismos componentes que en el caso anterior: la plataforma en la que se inserta el chat y la plataforma de Dialogflow.

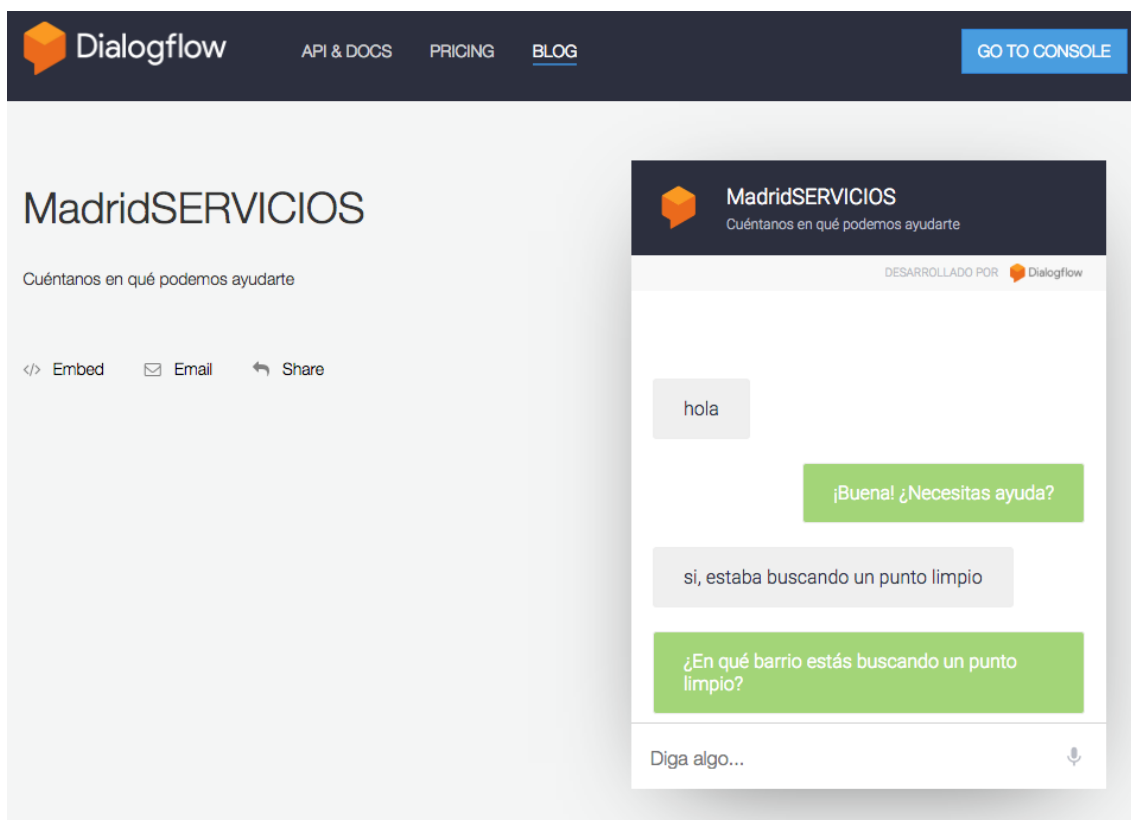


Ilustración 9. Pantalla selección de servicio

El último paso en la sucesión que acaba con la obtención de la información consultada, sería la introducción por parte del usuario del nombre del barrio o distrito. Cuando la interfaz obtenga ese parámetro ya tendrá todo lo necesario para cursar una petición al punto final indicado en el “webhook” y quedará a la espera de respuesta. Esta petición llegará al servidor de funciones PubNub, allí se procesará el JSON de la petición que contiene los parámetros con el servicio seleccionado y barrio indicado, y se conformará y enviará una petición entendible por el API REST del portal del Ayuntamiento. La respuesta seguirá el camino inverso, es decir, se emitirá desde el Ayuntamiento hacia el servidor PubNub, allí se tratará para hacerla entendible por el agente y, finalmente, se enviará al mismo agente que tratará de interpretar la información contenida en él para mostrársela al usuario.

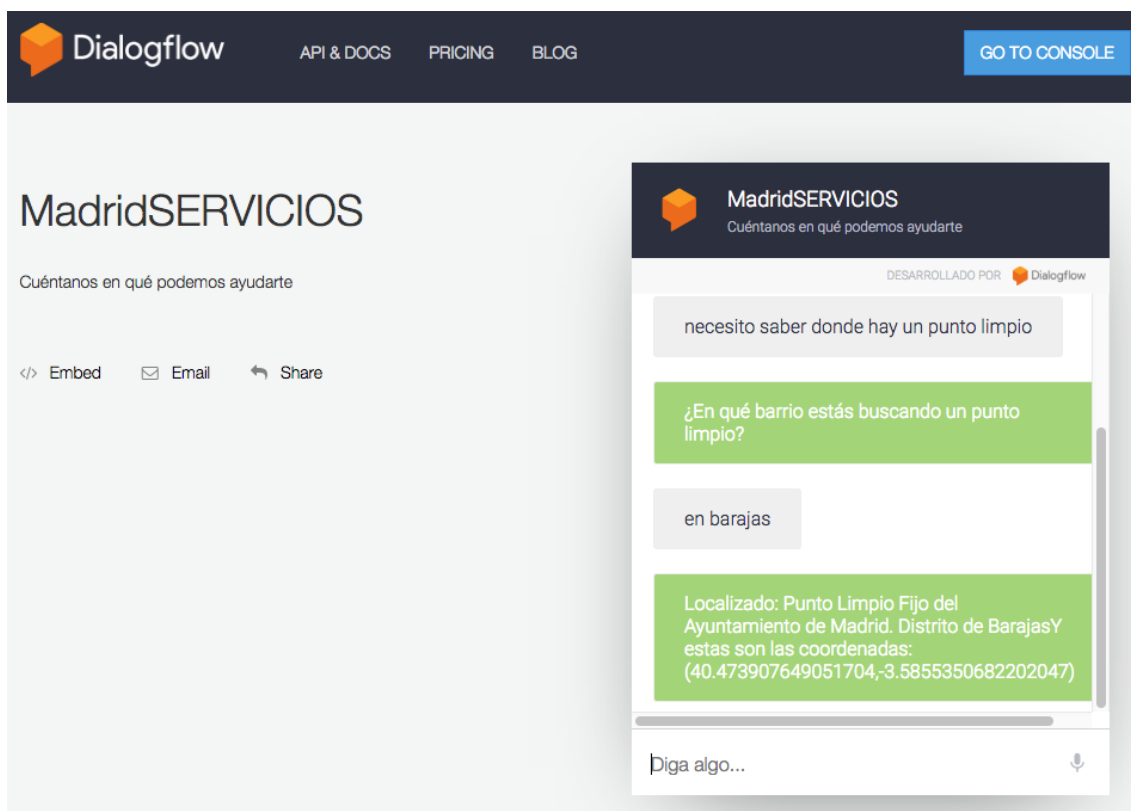


Ilustración 10. Pantalla respuesta con datos del servicio

En este caso la respuesta se ha configurado de forma que se extraiga la información desde el JSON devuelto, correspondiente al título del recurso “Punto Limpio Fijo del Ayuntamiento de Madrid. Distrito Barajas” y a las coordenadas que podrían cargarse en una aplicación de mapas para obtener rutas hacia destino.

Aunque este ejemplo parezca muy sencillo, es totalmente válido para el propósito que se persigue:

- por una parte, demostrar la facilidad que presentan estas interfaces para dialogar con ellas. En el ejemplo se muestra como utilizando un lenguaje natural, manteniendo un breve diálogo, se puede interactuar con un agente conversacional que es capaz de comprender lo que necesitamos y darnos respuesta.

- se muestra también la capacidad de integración de estas interfaces en todo tipo de plataformas y o dispositivos. En el ejemplo se ha utilizado una plataforma web de propósito general, pero podría trasladarse a multitud de dispositivos.
- se muestra también el potencial que tendrán los datos en las ciudades inteligentes como medio para generar y mejorar la prestación de servicios.
- por último, muestra también la interoperabilidad entre diferentes elementos (el dispositivo o plataforma que dispone del agente conversacional, con el servidor que procesa las peticiones, con el contenedor de datos) permitiendo la comunicación entre ellos como medio para la obtención de mejores calidades de servicio.

CAPÍTULO 4: GESTIÓN DEL PROYECTO

Este capítulo está destinado al análisis de cómo ha sido la gestión del proyecto, detallando en sus secciones la idoneidad actual de su desarrollo, un análisis de los requisitos y las tareas a implementar, un banco de pruebas y resultados, y el presupuesto que supondría la realización efectiva del mismo.

4.1 Planificación temporal

Aquí se incluyen y se detallan las diferentes etapas en las que se ha descompuesto el trabajo a lo largo su realización:

Etapas 1. Documentación y análisis

En esta primera etapa se llevó a cabo una extensa investigación sobre la documentación existente respecto a los diferentes componentes de este trabajo.

Así pues, en el primer paso, hubo que buscar fuentes fiables de información sobre la cuestión de las ciudades inteligentes y realizar un análisis profundo de la cuestión a partir de numerosos documentos de investigación y publicaciones provenientes, en su mayoría, de investigadores de la Unión Europea. Se continuó investigando acerca de las interfaces conversacionales, su evolución y el estado en el que se encontraba esta tecnología, así como de las herramientas que existen a disposición del público para su implementación. Por último, se ideó un esquema de trabajo a seguir para conseguir llegar a la finalización del proyecto según lo planteado inicialmente.

Etapas 2. Síntesis y análisis de la información y comienzo redacción de la memoria

Tras el análisis de la documentación encontrada se comienza planteando el esquema de la memoria y comenzando a redactar las principales ideas y conceptos sobre los que girará el trabajo.

Etapas 3. Desarrollo de la solución y redacción de la memoria

Se continúa avanzando en la redacción de la memoria y se comienza a diseñar y desarrollar la solución propuesta. Se continúa desarrollando el estado del arte del trabajo y se comienzan a incluir las principales ideas en la sección correspondiente a la aplicación. Se investiga sobre distintas tecnologías involucradas en el desarrollo de la aplicación: Dialogflow, API REST, portales de datos abiertos y servicios, JavaScript, node.js, etc.

Etapas 4. Pruebas y evaluación.

Tras completar el sistema se realizan diversas pruebas de funcionamiento sobre la aplicación para probar su funcionalidad y extraer conclusiones.

Etapas 5. Finalización de la memoria.

Se completa la redacción de este documento incorporando los resultados de las pruebas, las conclusiones y el trabajo futuro. Se revisan citas, bibliografía y otros recursos. Se finaliza el trabajo.

La estimación temporal del trabajo se ha apoyado en una herramienta ofimática online con la que se pueden realizar diagramas de Gantt donde representar todas las tareas involucradas en el proyecto, sus estimaciones temporales y sus relaciones, denominada Smartsheet que es gratuita.

En las dos imágenes siguientes se pueden apreciar el listado de tareas completado y los tiempos necesarios para su consecución y las fases que coexisten entre distintas etapas.

Nombre de la tarea	Fecha de Inicio	Fecha de vencimiento
<i>i</i> ▼		
Inicio del Trabajo	30/03/18	30/03/18
Etap 1. Documentación y análisis	08/04/18	25/09/18
Documentación Smart Cities	08/04/18	10/08/18
Documentación Interfaces Conversacionales	02/07/18	31/08/18
Plan de trabajo	08/04/18	13/04/18
Etap 2. Síntesis y análisis de la información y comienzo redacción de la memoria	08/07/18	14/09/18
Análisis y síntesis de documentacion	08/07/18	07/09/18
Inicio memoria. Estado del arte	29/07/18	06/09/18
Etap 3. Desarrollo de la solución	05/08/18	31/08/18
Planteamiento de la solución	05/08/18	10/08/18
Desarrollo de la solución	12/08/18	31/08/18
Etap 4. Pruebas y evaluación	01/09/18	25/09/18
Testeo de la aplicación	01/09/18	08/09/18
Memoria. Aplicación	01/09/18	25/09/18
Etap 5. Finalización de la memoria	09/09/18	25/09/18
Memoria. Introducción, bibliografía, conclusiones, gestión	09/09/18	25/09/18

Ilustración 11. Figura Gantt listado de tareas

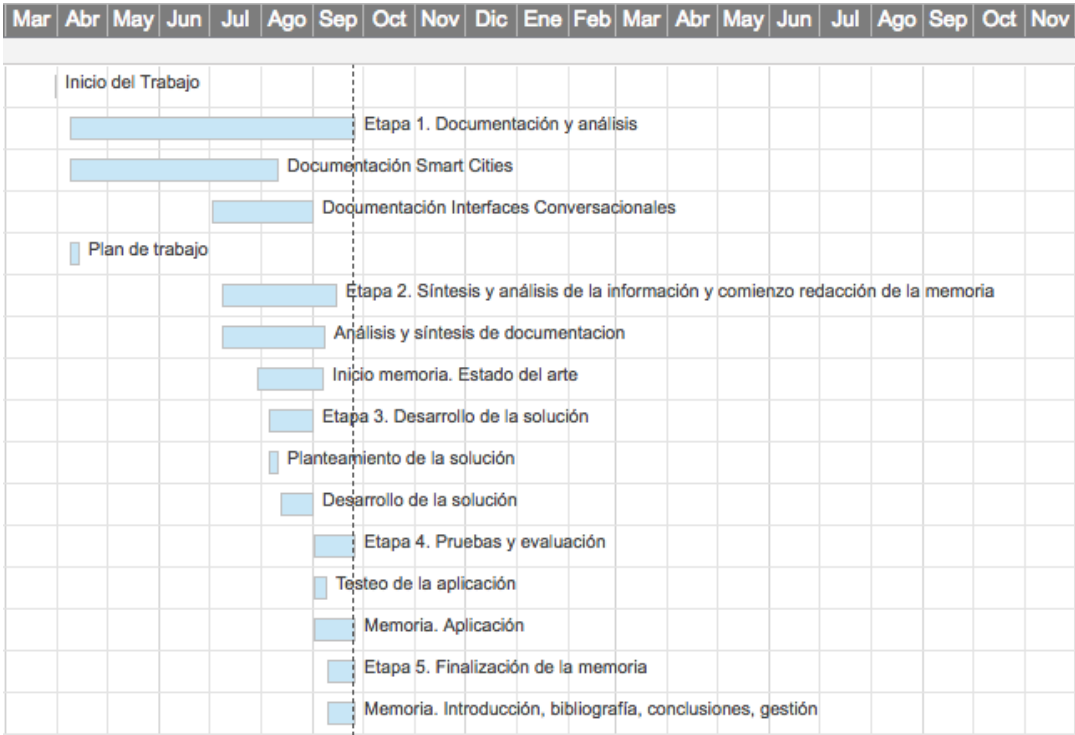


Ilustración 12. Figura Gantt cronograma

Tal como se ha comentado, esto era una planificación inicial sobre la que han existido algunas variaciones y se ha trabajado a menudo de forma simultánea en varias de las tareas. Esto se ha debido, principalmente, a que hay dos bloques de tareas bien diferenciados en el trabajo que son, la parte relativa a la investigación sobre el estado de los proyectos de las ciudades inteligentes en Europa y la parte relativa a las interfaces conversacionales y el desarrollo de la aplicación modelo, y ello permite avanzar a diferentes velocidades en ambos sentidos.

Haciendo una estimación de tiempo empleado por día y por tarea de cada etapa, pues hay días en los que temporalmente coinciden, de en torno a dos horas, esto arroja unos datos sobre costes temporales tales como siguen en siguiente cuadro:

Etapas	Total días	Total horas
Inicio del Trabajo	1	1 x 2 = 2 horas
Etapas 1. Documentación	170	170 x 2 = 340 horas
Etapas 2. Análisis	68	68 x 2 = 136 horas
Etapas 3. Desarrollo	26	26 x 2 = 52 horas
Etapas 4. Pruebas y evaluación	24	24 x 2 = 48 horas
Etapas 5. Finalización	16	16 x 2 = 32 horas
TOTAL HORAS	610 horas	

Tabla 1. Cálculo horas total

Vista la tabla anterior se puede ver que el cómputo total de horas que se han invertido en este trabajo asciende a 610 horas, para un total de 179 días que ha tardado el proyecto en finalizar.

4.2 Presupuesto

En este apartado del capítulo se van a presentar los datos sobre los costes que en que se han incurrido este trabajo tomando como referencia los datos estimados sobre el tiempo dedicado. Aquí no sólo se va a monetizar el tiempo sino también cualquier recurso interno o externo que haya podido incurrir en algún tipo de coste para el trabajo.

4.2.1 Costes Directos

Nos referimos por costes directos a aquellos que son directamente aplicables al trabajo en su totalidad y pueden determinarse mediante una cantidad concreta. Entre estos costes figuran:

- Autor y tutor del trabajo presente

En base a la experiencia y grado de formación de los dos miembros cabría tener dos precios base por su tiempo. Sin embargo, el tutor del presente trabajo no se computa como coste sino únicamente como orientador, lo que deja en este apartado sólo al propio autor por contabilizar su coste. Tomando como referencia un precio estándar por el trabajo de un recién titulado como programador, a 20 euros la hora, el coste total quedaría en:

$$\text{TOTAL HORAS } 610 \times 20 (\text{€/h}) = 12.200 \text{ €}$$

- Equipamiento hardware

Se ha precisado de un ordenador portátil con el que poder desarrollar los agentes conversacionales necesarios con la herramienta Dialogflow, realizar las pruebas pertinentes contra servicios web para el análisis de las peticiones, buscar documentación concreta sobre aspectos relacionados con el objeto de este trabajo.

El equipo en concreto es un Ordenador Portátil marca HP con 6GB de memoria RAM DDR3 y un procesador i7.

Perteneciente al autor del trabajo, éste tuvo que incurrir en un gasto de 1000 euros en el momento de su compra.

Se ha precisado también de un teléfono inteligente con cuyo asistente personal, se ha trabajado en pro de comprender las respuestas y la obtención de información de su asistente de voz.

El equipo en concreto es un Teléfono Móvil marca iPhone modelo 6S con pantalla de 4,7”, procesador Apple A9 y 2GB de memoria RAM LPDDR4. Además, cuenta con el asistente personal, Siri.

Perteneciente así mismo al autor de este documento, éste incurrió en el momento de su compra en un gasto de 800 euros.

- Equipamiento software

Todo el software empleado ha sido a coste cero, aunque es cierto que se han seleccionado en todos los casos las versiones de prueba gratuitas dadas con especificaciones limitadas o durante periodos de tiempo limitados para mantener ese coste.

El software empleado comprende las siguientes suites, aplicaciones y plataformas:

- Dialogflow: herramienta de desarrollo de agentes conversacionales
- PubNub: es un servicio con el que pueden cursarse peticiones y respuestas en tiempo real. Funciona como un servidor en el que puede incluirse la

lógica necesaria para tratar peticiones entrantes y formatear respuestas salientes.

- Google Cloud Platform: plataforma que permite desarrollar aplicaciones y da soporte en la nube para las mismas realizadas en entornos de Google.
- Amazon Web Services: consola de gestión de servicios web de Amazon
- datos.madrid: portal de datos abiertos del Ayuntamiento de Madrid. API REST de acceso libre y gratuito
- Smartsheet: aplicación web para la realización de diagramas de Gantt y cronogramas de trabajo
- Repositorio e-archivo: repositorio institucional donde buscar fuentes de información
- Sciencedirect: plataforma de documentación académica de Elsevier
- Microsoft Word: procesador de textos para la elaboración de la memoria
- Adobe PDF: lector de documentos y procesador de documentos

4.2.2 Costes Totales

El presupuesto total del trabajo presente asciende a la suma de todos los costes directos, más el incremento en torno a un 20% relativo a los costes indirectos, siendo finalmente:

TIPO DE COSTE	COSTE (€)
COSTES EN CAPITAL HUMANO	12200
COSTES EN EQUIPAMIENTO HARDWARE*	1800
COSTES EN EQUIPAMIENTO SOFTWARE	0
COSTES INDIRECTOS*	2800
TOTAL	16800

Tabla 2. Presupuesto total

Los costes indirectos incluidos en la tabla superior representan todos esos gastos que no son imputables directamente al proyecto pero que consumen recursos de algún modo. Ya sea un consumo medible en tiempo como fuesen desplazamientos, o en otro tipo de recursos, como pueda ser energético, etc. Por eso, aquí se incluirían los gastos de desplazamiento para consulta de bibliografía, el gasto de Internet, el gasto de electricidad, etc.

No se ha considerado el equipamiento hardware como ya amortizado, sino como un gasto necesario en el que incurrir. Sin embargo, dada la vida útil de los equipos y el reducido tiempo que ha ocupado este trabajo frente ésta, si se quisiera ser estricto habría que amortizar el precio del equipamiento en los días utilizado. Para ello se debería de dividir el coste del mismo entre su vida útil en días y multiplicar este factor por el número de días que se ha utilizado para el proyecto. En este caso no lo hemos estimado así pues los

equipos están anticuados y cualquier realización futura de este proyecto debería contar con equipamiento más actual.

Teniendo presente las aclaraciones anteriores, se puede ver que el presupuesto total asciende 16800 € que podría interpretarse como moderadamente elevado. Sin embargo, si se atiende a las posibilidades que plantea la incorporación de interfaces conversacionales en un entorno, como es el de las ciudades inteligentes, donde casi cualquier dispositivo puede ser un destino apropiado, el público objetivo que puede beneficiarse de esta tecnología justifica su realización.

CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

A lo largo de todo el proceso que se ha llevado a cabo para la elaboración de este Trabajo Fin de Grado, se ha podido conocer, con bastante profundidad, el estado en el que se encuentran numerosos proyectos relacionados con la investigación sobre las ciudades inteligentes. Estos proyectos se enfocan hacia un concepto que al principio sonaba un poco a ciencia ficción pero que al final parece toda una realidad presente y una necesidad futura.

En este proyecto se han podido llevar a cabo dos bloques de trabajo bien definidos como son: la investigación sobre un concepto innovador como es el tema de las ciudades inteligentes; y la investigación y desarrollo de una solución basada en interfaces conversacionales.

La consecución del primer objetivo ha arrojado información importante sobre aspectos poco conocidos para mí, pero muy relevantes en la justificación del esfuerzo invertido en este campo de investigación. Aspectos como el ritmo de crecimiento de la población urbana, la escasez de recursos energéticos y alimentarios, la incapacidad para prestar servicios a la población, el aumento de la polución en los entornos urbanos o la ineficaz gestión de la sanidad, hacen que toda investigación realizada en la línea de buscar soluciones esté más que justificada.

Sin embargo, un aspecto que me ha sorprendido ha sido el hecho de que el concepto de ciudad inteligente no se queda sólo en cambiar el modelo de ciudad hacia otro más eficiente y eficaz en la gestión de sus recursos, sino que, unido a eso, se pretende cambiar también el modo de entender las ciudades. Se pretende concebir las ciudades como un ecosistema en el que todos los ciudadanos están interconectados y comparten información para, a partir de esos datos, poder tomar decisiones continuas sobre cómo adaptarse mejor a las circunstancias del momento. Por poner un ejemplo sencillo de esta interacción, en momentos en los que se detecte un aumento de la congestión de las infraestructuras, podrían enviarse indicaciones a cada usuario para balancear el tráfico por según qué zonas y primar las redes de transporte público en pro de descongestionar esa zona.

De este primer objetivo también ha resultado interesante constatar el papel que va a jugar en todo este modelo las tecnologías de la comunicación y de la información. Ha sido ilustrativo para tomar conciencia de todo el desarrollo e investigación que se está haciendo en torno a estas tecnologías como medio para articular el desarrollo de este concepto. Entre estas tecnologías caben todas las que tienen que ver con la computación ubicua, las redes de sensores inalámbricas, las nuevas redes de comunicaciones inalámbricas (especialmente 5G), la comunicación máquina a máquina, la computación y almacenamiento en la nube, las técnicas de análisis de cantidades ingentes de datos (Big Data) en tiempo real, y que serán imprescindibles en nuestro día a día.

En cuanto a lo que tiene que ver con el segundo objetivo de este trabajo, la investigación sobre interfaces conversacionales y la propuesta de una solución, el desarrollo del mismo ha permitido conocer la importancia que estas interfaces han ido adquiriendo y el por qué promover su adaptación y aceptación entre los usuarios. Es como medio para promover esa aceptación que se propone la solución desarrollada.

Las interfaces conversacionales han evolucionado mucho en los últimos años debido a diversos factores tecnológicos como puedan ser la mejora de procesamiento, la mejora de la conectividad o la movilidad, y sociales, pues las nuevas generaciones han crecido con dispositivos que reaccionan mejor a entradas de datos diferentes al habitual medio escrito.

Esta evolución se ha plasmado también en el cambio de modelo con el que se atacaba el problema del reconocimiento de la voz. Si bien antes se trataba de incorporar un sinnúmero de expresiones para interpretar directamente la información que introducía el usuario, ahora se pretende comprender cuál es la intención del hablante, lo que ha cambiado radicalmente el modo de interacción entre el usuario y la interfaz.

En un principio, los primeros chatbots reconocían palabras clave (intérpretes de lenguaje natural, NLP) y actuaban en consecuencia con instrucciones que habían sido predefinidas. El siguiente paso se dio con la evolución de las interfaces conversacionales hacia un sistema en el que se pretende comprender la intención de lo que el usuario comunica (comprendedores de lenguaje natural, CNP). Finalmente, el último estadio en el que se encuentra esta tecnología son los asistentes personales que ya incorporan estas interfaces y que pueden mantener conversaciones con lenguaje natural con el usuario.

Además de lo anterior, el avance en este segundo objetivo, ha servido también para mostrar las herramientas que existen disponibles para el desarrollo de agentes conversacionales que puedan ser integrados en múltiples plataformas. En la actualidad, superando cierta curva de aprendizaje se pueden crear agentes conversacionales de forma bastante autónoma, con gran funcionalidad y un potencial increíble si contamos con todos los dispositivos con los que podrían interaccionar.

Las principales conclusiones de este trabajo son las siguientes:

- las ciudades inteligentes son un medio, sobre el que se está investigando activamente, para poder hacer habitables las ciudades mientras continúan aumentando su población.
- las ciudades inteligentes deberán ser modelos de gestión eficiente, eficaz y democrática de los distintos recursos y servicios. Deberán prestar servicios con altas QoS.
- las ciudades inteligentes se apoyarán en las nuevas tecnologías de computación y conexión, como medio para captar datos del entorno y transportarlos hasta centros de toma de decisiones para poder ser interpretados y generar acciones en tiempo real a partir de ellos.
- las ciudades inteligentes son un área de investigación importante dentro del marco H2020 como demuestran los 13 proyectos que han recibido financiación actualmente
- las interfaces conversacionales han evolucionado a pasos agigantados con los últimos avances en capacidad de computación, conectividad, movilidad, etc.
- las interfaces conversacionales han pasado de interpretar palabras en el mensaje recibido a tratar de comprender las intenciones del hablante, lo que les ha permitido entablar conversaciones con un lenguaje más natural
- las interfaces conversacionales pueden incorporarse a multitud de dispositivos y ayudar a eliminar barreras tecnológicas para ciertos usuarios

- las aplicaciones potenciales de las interfaces conversacionales en el entorno de las ciudades inteligentes, con tantos dispositivos inteligentes intercomunicados, son enormes.

5.1 Trabajo futuro

En este trabajo se ha presentado una panorámica del estado en el que se encuentra la investigación sobre ciudades inteligentes y los proyectos que se están llevando a cabo en Europa en el marco del programa Horizonte 2020.

Se han presentado varios proyectos que han seleccionado varias ciudades sobre las que podrán en práctica las distintas soluciones ideadas, por lo que en trabajos futuros sería interesante analizar el grado de cumplimiento de estos proyectos. A partir del análisis de la implantación o no de las propuestas que defendían y las razones que las han llevado al éxito o al fracaso, podrá obtenerse información valiosa de cara a generar un know-how que permita trasladar la implementación a otras urbes. De hecho, con esa finalidad se presentaron estos proyectos.

De cara a otros trabajos, será también de interés analizar qué modelo de ciudad inteligente se ha implantado en las diferentes ciudades seleccionadas en los programas del marco H2020 de cara a dilucidar sobre si, finalmente, se puede decir que existe un modelo estándar de ciudad inteligente en la práctica o si, por el contrario, no se puede suponer eso. Esto resulta de interés por el mismo motivo que en el caso anterior, de cara a establecer un modelo que agilice la implantación y desarrollo de este tipo de ciudades en otras urbes.

Por otra parte, y en referencia al trabajo realizado en torno a las interfaces conversacionales y la solución propuesta, será interesante analizar en las ciudades objeto de los programas de investigación anteriores qué nuevos servicios surgen alrededor del ciudadano en busca de oportunidades donde integrar este tipo de interfaces.

Además, la solución propuesta puede ser ampliada mediante la incorporación de nuevos servicios sobre los que devolver información, al igual que puede ser integrada en otras

plataformas para obtener otras funcionalidades. También puede ser completada con más “intents” con el objetivo de hacerla más robusta frente a las posibles interacciones con los usuarios. Este crecimiento realmente puede ser potencialmente enorme puesto que habiendo adquirido el modelo de tratamiento de las peticiones sólo es cuestión de localizar y seleccionar nuevas fuentes de datos e incorporar nuevos “intents” que respondan a las peticiones del usuario.

En general, desde mi punto de vista, este trabajo puede crecer en las dos direcciones hacia las que se ha enfocado por el mero hecho de que ambos temas están en la actualidad siendo desarrollados y todavía no han alcanzado la madurez. Con esto quiero decir que hasta que las ciudades inteligentes sean una realidad en todo su esplendor, con la explosión del 5G y todo el avance tecnológico y social que ello conlleva, y las interfaces conversacionales sean la interfaz más habitual utilizada por el ciudadano para interactuar con los dispositivos de su entorno, habrá posibilidades de ampliar este trabajo.

GLOSARIO

IoT, Internet of Things: Concepto que se relaciona con la interconexión digital de dispositivos cotidianos, con capacidad de computación con Internet, permitiéndoles enviar y recibir datos.

ICT, Information Communication Technology: Conjunto de todos los dispositivos, componentes de conexión, aplicaciones y sistemas que combinados permiten la interacción en el mundo digital.

UC, Ubiquitous Computing: Concepto según el cual la computación está presente en cualquier lugar y cualquier momento, usando cualquier dispositivo y formato.

WSN, Wireless Sensors Networks: Grupo de sensores dispersos que trabajan para una tarea común, recogiendo datos del entorno para su recolección y tratamiento en un punto central.

M2M, Machine to Machine Communication: Concepto que se refiere al intercambio de información entre dispositivos conectados que les permite completar acciones sin interacción humana

ZigBee: Es una especificación basada en la IEEE 802.15.4, para redes WLAN de baja potencia diseñada para optimizar el consumo de energía en dispositivos cuya tasa de envío de datos es reducida.

RFID, Radio Frequency Identification: hace referencia al uso de ondas de radio para leer datos almacenados en etiquetas que puedan estar adjuntas en objetos a cierta distancia sin necesidad de una línea de visión directa.

NFC, Near Field Communication: es un sistema de comunicación contactless que permite la comunicación entre dispositivos mediante la aproximación de uno sobre otro sin necesidad de contacto ni configuración de la conexión.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] (2018) United Nations. World urbanization prospects 2018. The 2014 revision. New York: Department of Economic and Social Affairs, dirección: <http://esa.un.org/unpd/wup/Publications/Files/WUP2014-Report.pdf>
- [2] (2018) Eurostat | Población europea, dirección: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/population-demography-migration-projections/population-data/database>
- [3] (2018) Banco Mundial | Población urbana, dirección: <https://datos.bancomundial.org>
- [4] (2018) Internet of Things Agenda | Ubiquitous Computing, dirección: <https://internetofthingsagenda.techtarget.com/definition/pervasive-computing-ubiquitous-computing>
- [5] (2018) Search Data Center | Wireless Sensors Networks, dirección: <https://searchdatacenter.techtarget.com/definition/sensor-network>
- [6] Verma, P. K., Verma, R., Prakash, A., Agrawal, A., Naik, K., Tripathi, R., ... Abogharaf, A. (2016). Machine-to-machine (M2M) communications: A surveydoi://doi.org/10.1016/j.jnca.2016.02.016
- [7] Silva, B. N., Khan, M., & Han, K. (2018). Towards sustainable smart cities: A review of trends, architectures, components, and open challenges in smart cities doi://doi.org/10.1016/j.scs.2018.01.053
- [8] Belanche, D., Casaló, L. V., & Orús, C. (2016). City attachment and use of urban services: Benefits for smart citiesdoi://doi.org/10.1016/j.cities.2015.08.016
- [9] Li, S., Xu, L. D., & Zhao, S. (2018). 5G internet of things: A survey doi://doi.org/10.1016/j.jii.2018.01.005
- [10] Palvia, P., Baqir, N., & Nemati, H. (2018). ICT for socio-economic development: A citizens' perspectivedoi://doi.org/10.1016/j.im.2017.05.003
- [11] (2018) Google AI Blog | Google Duplex, dirección: <https://ai.googleblog.com/2018/05/duplex-ai-system-for-natural-conversation.html>

- [12] (2018) datos abiertos | Portal de datos abiertos del Ayuntamiento de Madrid, dirección <https://datos.madrid.es>
- [13] (2018) Dialogflow, dirección: <https://dialogflow.com>
- [14] (2018) InfoWorld | What is an API?, dirección: <https://www.infoworld.com/article/3269878/apis/what-is-an-api-application-programming-interfaces-explained.html>
- [15] ITU-T Focus Group on Smart Sustainable Cities (2014). Smart sustainable cities: An analysis of definitions, dirección: https://www.itu.int/en/ITU-T/focusgroups/ssc/Documents/Approved_Deliverables/TR-Definitions.docx
- [16] Ahvenniemi, H., Huovila, A., Pinto-Seppä, I., & Airaksinen, M. (2017). What are the differences between sustainable and smart cities? doi://doi.org/10.1016/j.cities.2016.09.009
- [17] (2018) Bluetooth, dirección: <https://www.bluetooth.com>
- [18] (2018) Universidad Internacional de Valencia | RFID, dirección: <https://www.universidadviu.es/rfid-que-es>
- [19] Boukerche, A., & Sun, P. (2018). Connectivity and coverage based protocols for wireless sensor networksdoi://doi.org/10.1016/j.adhoc.2018.07.003
- [20] (2018) ZigBee Alliance, dirección: <https://www.zigbee.org/what-is-zigbee>
- [21] (2018) Searchnetworking | 5G, dirección: <https://searchnetworking.techtarget.com/definition/5G>
- [22] (2018) Near Field Communication, dirección: <http://nearfieldcommunication.org/about-nfc.html>
- [23] (2018) ESHorizonte2020, dirección: <https://eshorizonte2020.es/>
- [24] (2018) Comisión Europea | H2020, dirección: <https://ec.europa.eu/programmes/horizon2020>
- [25] (2018) Comisión Europea | Propuestas financiadas, dirección: <https://ec.europa.eu/inea/en/horizon-2020/h2020-energy/projects-by-field/879>
- [26] (2018) MAtchUP Project, dirección: <https://www.matchup-project.eu>
- [27] (2018) Triangulum Project, dirección: <https://www.triangulum-project.eu>
- [28] (2018) Ruggedised Project, dirección: <http://www.ruggedised.eu>

- [29] Horizon 2020 - Work Programme 2018-2020 Secure, clean and efficient energy, dirección: http://ec.europa.eu/research/participants/data/ref/h2020/wp/2018-2020/main/h2020-wp1820-energy_en.pdf
- [30] McTear, Michael, Callejas, Zoraida, Griol Barres, David (2016) The Conversational Interface: Talking to Smart Devices. doi://doi.org/10.1007/978-3-319-32967-3
- [31] (2018) Zenithmedia | Datos de penetración de smartdevices en mercados, dirección: <https://www.zenithmedia.com/smartphone-penetration-reach-66-2018>
- [32] (2018) Amazon | Alexa, dirección: <https://developer.amazon.com/es/alexa>
- [33] (2018) Dialogflow | Intents, dirección: <https://dialogflow.com/docs/intents>
- [34] (2018) Dialogflow | Entities, dirección: <https://dialogflow.com/docs/entities>
- [35] (2018) Dialogflow | Contexts, dirección: <https://dialogflow.com/docs/contexts>
- [36] (2018) Dialogflow | Fulfillment, dirección: <https://dialogflow.com/docs/fulfillment>
- [37] (2018) REST API Tutorial, dirección: <https://restfulapi.net>
- [38] (2018) REST API Tutorial | Methods, dirección: <https://restfulapi.net/http-methods>
- [39] (2018) BBVA | API Market, dirección: <https://bbvaopen4u.com/es/actualidad/api-rest-que-es-y-cuales-son-sus-ventajas-en-el-desarrollo-de-proyectos>
- [40] (2018) Roy T. Fielding | REST APIs must be hypertext-driven, dirección: <http://roy.gbiv.com/untangled/2008/rest-apis-must-be-hypertext-driven>
- [41] Fielding, Roy Thomas. Architectural Styles and the Design of Network-based Software Architectures. Doctoral dissertation, University of California, Irvine, 2000
- [42] (2018) The Knowledge Navigator, 1987, dirección: <https://youtu.be/umJsITGzXd0>
- [43] Berners-Lee, Tim, Hendler, James, and Lassila, Ora, (2001) The Semantic Web
- [44] Araujo, T. (2018). Living up to the chatbot hype: The influence of anthropomorphic design cues and communicative agency framing on conversational agent and company perceptions doi://doi.org/10.1016/j.chb.2018.03.051

[45] (2018) Statista | Datos Twitter en España, dirección:
<https://es.statista.com/temas/3595/twitter-en-espana>

APÉNDICE A: ENGLISH SUMMARY

This appendix chapter is used to make a presentation of concepts and main objectives of the project, so that is it can be contextualize the timing of its approach and elaboration.

It is made a review about the evolution of Smart Cities. Then, they are introduced the instruments that will be used for deal with the proposal of application, conversational interfaces. After that section, the socioeconomic context will be described. Finally, the proposal of application and the conclusions of this project will be introduced.

A.1.1 Introduction to the concept of Smart Cities

A couple of decades since the concept of "Smart Cities" captured the focus of attention in the international community due to the rapid growth of the population in big cities. This growth represents one much higher consumption of natural resources, an increase in the magnitude of many everyday problems of citizens such as those related to traffic, the management of transport, access to basic services, health care, the infrastructure, ... Ultimately, it is a problem that must be addressed as soon as possible to anticipate a scenario that safely it will be. On the scope of the European Union, where it currently has a population of around 510M inhabitants, the percentage of urban population will rise reaching 75%. In addition, all forecasts indicate that this percentage will continue to rise to more than over 80% to the year 2050.

To achieve a successful urban growth, it will be essential to manage such growth in a sustainable manner and as efficiently as possible around three key pieces such as the economy, society and the environment. If, in addition to seek ways of sustainability and efficiency, will take advantage of technological advancements around ubiquitous computing (UC), networks of wireless sensors (WSN), and communication between

machines (M2M) to reach that goal and improve the quality in the provision of services, we can say that the result will be very close to what is commonly considered a smart city.

The Smart City concept is not defined unequivocally, and although this may seem like one minor issue, it is of relevance in determining progress in this field, the working groups formed around him, policies to meet and develop, etc. Therefore, that major international standards bodies viewed much of the agents involved seeking to standardize the concept. However, it is easy to remove all these definitions that a Smart City is linked to sustainable growth, about a responsible and efficient use of all resources put within the reach of its citizens and provided through services with high QoS where information and communication technologies will play a crucial role.

A.1.2 Introduction to the Conversational Interfaces

Somewhat rough and simple form, we could assimilate the concept of "Conversational interface" to that system that allows a user to "talk" in a natural way with his "Assistant" in order to complete a task. Currently the personal assistants have been incorporated in a wide variety of devices flagged by smartphones and smartwatches. These wizards allow the user to complete actions and obtain services without the need to know, in detail, the set of instructions that should be followed if you interact directly with the device that provides the service or performs the task. Thus, users can use them to manage (create, delete, check events on specific dates) calendar, for the management of information (see weather forecast in a specific location, search for particular data in the web) or for the configuration of applications (establishment of alarms, timers). Now, the form that has a user interact with these wizards is determined by so-called conversational interfaces. These interfaces try to facilitate the use of assistants and smart devices, for users, reducing the required learning curve through the interpretation and understanding of the natural language used in a dialogue. In the next stage, with the advance of the IoT, where expected an explosion of devices smart, heterogeneous, with ability to communicate among themselves and with a multitude of options for input and output of data, these

interfaces will be crucial in the design and provision of services. Small-size devices that can not accommodate keyboards or screens to enter data or provide Visual answers prepared, may have a microphone through which one user either can tell you the task to complete. Not only that, but even in a scenario not involving the user, these interfaces can encourage the machine-to-machine communication heterogeneous devices. The possibilities increase if one takes into consideration that users with limited or little accustomed to the use of technology, capabilities can be found in these interfaces bridge to obtain various services and qualities of service. There are also therapeutic uses where this type of interfaces can have a prominent role, from the moment that allow a natural dialogue with the user. It is the case of social robots that with its ability to reflect emotions and personal assistant advanced features make them a potential tool to combat the loneliness of elderly people and provide some company and care.

A.1.3. Socioeconomic environment

This section covers the economic possibilities and use that can have the application of the work carried out here, doing a little analysis of the public who might show interest in it.

The application of the model of Smart City is a reality that will spread all over the world according to continue increasing the population growth in the cities, and as a model of implementation and development for them. This is because there is no other way that big cities can support the increase in their populations.

The management of resources and the provision of services is going to have to support in ICT to guarantee certain qualities of service and, similarly, to have those availabilities, the environment will have increasingly more intelligent devices following the model set by the Internet of the Things. If it is added that conversational interfaces may apply to the clear majority of smart devices and digital applications that the user needs to interact, it seems obvious that the target audience of these applications is virtually every citizen with access to technology. Smartphones have been cited previously and smartwatches as some

of the most common devices where you can find virtual assistants, but the future possibilities are virtually unlimited. Today, the big companies like Google or Amazon, are promoting, especially the so-called intelligent speakers who have personal assistants. As well, these speakers get interact with users and provide many services such as the request for information or manipulation of any device or mechanism of the home, using these interfaces.

The potential audience that can use these interfaces is practically everyone who has contact with technology. In an environment as it can be a smart city, so linked as it seems that they'll be to the Internet of Things, all citizens will be surrounded by multitude of intelligent devices that can operate. The possibilities are limitless. Any person who has access to any electronic device capable of computing and connection, is a potential user. Household devices so widespread as televisions or mobile phones, present in almost all urban households, are potential recipients of this technology and, therefore, their owners. Thinking more broadly, not only people with certain technology contact are possible recipients of this technology but all those to which overcome the learning curve of many devices makes them to be reluctant to use.

Applications that can have this type of interfaces are of all kinds because it posed the possibility of access to the technology in a more natural way. Therefore, also they may have therapeutic applications, for example, with people of advanced age who can interact naturally with any type of therapeutic assistant, professionals looking for how to get recommendations or second opinions, etc.

In addition to the advanced robots social, that combine a conversational interface, advanced with the ability to visually display emotions as they interpret or understand the intention of the speaker.

We have talked a lot about people, but also the companies may be interested in this type of interfaces for the development of new devices. In the future, Smart Cities rife with sensors and devices with independent calculation capacity, this type of interfaces may allow communication between terminals in which the citizen does not intervene or even according to the frequency that used, in which the citizen is not even aware of that communication. This can be very useful when two devices from completely different

backgrounds, who do not have any knowledge of the other, want to exchange information in any way.

A.1.4. Introduction to the application

This work has developed a conversational interface making use of interpretation of natural language systems, provides the user the ability to locate services available in the municipality of Madrid. It tries to show how the integration of interface on platforms of common use for the users, it can serve to streamline access to services, in this case, through interaction with the panel data of a modern city, as it is the case of the city of Madrid. Through this chat, the user accessing his profile from Twitter, Instagram or Whatsapp is able to make the relevant consultations to obtain the information you want in the time you want, without having to worry about would be like "the way" to achieve that information, or the commands needed to interact with the wizard. The breakthrough that has occurred over the past years has not been in the interpretation of the language itself, but in the understanding of this. This means that a user can speak in a natural way without paying attention to the rhythm that makes it or words or expressions used, and the interface will be able to comprehend and understand what the intention of the user without the need of all their words be interpreted. Using conversational and motors interpreters of natural language, a common user, without hardly any technical knowledge whatsoever, can perfectly interact with the system and get the benefit of the service. Access to these services can be much more easily and effectively broadening the audience that can make use of it, democratizing it, that in order accounts is one of the features of smart cities. The user no longer need to follow the steps that any person would do to locate a resource. Simply, can be prevented by addressing their interface and telling him what you need through a brief dialogue, having to perform a search, specify the same, access the portal, navigate it, locate the container of information and select the information. And all that assuming that the user possesses certain technical knowledge and does not have any disabilities that limit you or further impede access to these services.

The purpose of this application is not to provide a very large or robust service, but show the potential of this type of application may have a setting in which the proliferation of smart devices and collection of data of all kinds, open a range of possibilities in terms of the services that can be provided in the field of smart cities. Thus, this application will show how with the use of the tool from Google, Dialogflow, can develop conversational interfaces that make contact to any user with access to a smart device or a common platform like Twitter, with the information provided by the city of Madrid in terms of location and services such as the location of "Recycling" and "Libraries".

A.1.5. Conclusions

The main conclusions of this study are as follows:

- Smart Cities are a medium, which is investigating actively, to make livable cities while they continue to increase their population.
- Smart Cities must be efficient, effective and democratic management of different resources and services models. They must provide services with high QoS.
- Smart Cities will be supported in the new technologies of computer and connection, as a means to capture data from the environment and transport them to centres of decisions to be interpreted and generate actions in real time from them.
- Smart Cities are an important framework H2020 research area as evidenced by the 13 projects that have received funding currently
- Conversational Interfaces have evolved by leaps with the latest advances in capacity computing, connectivity, mobility, etc.

- Conversational Interfaces have gone to interpret words in the received message to try to understand the intentions of the speaker, which has enabled them to enter into discussions with a more natural language
- Conversational Interfaces can be incorporated into a multitude of devices and help eliminate technological barriers for certain users
- The potential applications of Conversational Interfaces in the environment of intelligent cities, with so many smart devices interconnected, are enormous.